



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
**Facultad de Ciencias Agropecuarias**  
**Carrera de Ingeniería Agronómica**

**“Germinación de semillas y crecimiento inicial de cuatro especies forestales nativas  
del bosque de Nero, Provincia del Azuay”**

*Tesis previa a la obtención  
del título de Ingeniero Agrónomo*

**AUTOR:**

Daniel Rafael Rivera Lazo.

C.I. 0302457452

**DIRECTOR:**

Ing. Ángel Oswaldo Jadán Maza M. Sc.

C.I. 1103298061

Cuenca – Ecuador

2019

---

## RESUMEN

El escaso conocimiento de protocolos silviculturales en la germinación y crecimiento inicial de plántulas a nivel de invernadero son una de las barreras más influyentes para lograr la restauración ecológica. El presente estudio describió la germinación y el crecimiento inicial de cuatro especies forestales nativas (*Myrcianthes rhopaloides*, *Oreocallis grandiflora*, *Ocotea heterochroma*, *Oreopanax andreanus*) del bosque de Nero. También se determinó la biomasa al final del experimento. La recolección de semillas de *Myrcianthes rhopaloides* y *Ocotea heterochroma* se realizó en los bosques de Mazán y Llaviuco debido a que en Nero no se encontró semillas. La germinación fue evaluada bajo los factores: estado fisiológico (semilla madura y no madura), imbibición (0, 24, 48 horas) y sustrato (tierra negra + arena o turba), en *Myrcianthes rhopaloides* se cambió el factor estado fisiológico por sitio (Mazán y Llaviuco). El crecimiento se evaluó bajo los factores: sustrato (tierra negra + limo) y volumen de funda ( $5\text{ cm}^3 \times 8\text{ cm}^3$ ;  $6\text{ cm}^3 \times 9\text{ cm}^3$ ). Los mayores valores de germinación se registraron en: tierra negra + arena o turba, sitio Llaviuco e imbibición de 0 horas para *M. rhopaloides* y tierra negra + turba o arena, semilla madura e imbibición de 24 horas para *O. grandiflora* y *O. heterochroma*, mientras que *O. andreanus* no registró diferencias significativas. El crecimiento inicial presentó mejor respuesta en el sustrato: tierra negra + limo y una funda de  $6\text{ cm}^3 \times 9\text{ cm}^3$ . La biomasa registró diferencias significativas bajo el factor volumen de funda y no bajo el factor sustrato.

**PALABRAS CLAVE:** RESTAURACION, PROTOCOLOS SILVICULTURALES GERMINACION, CRECIMIENTO, BIOMASA, ESPECIES FORESTALES NATIVAS.

### ABSTRACT

The scarce knowledge of silvicultural protocols in the germination and initial growth of seedlings at greenhouse level is one of the most influential barriers to achieve ecological restoration. The present study described the germination and initial growth of four native forest species (*Myrcianthes rhopaloides*, *Oreocallis grandiflora*, *Ocotea heterochroma*, *Oreopanax andreanus*) from the Nero forest. The biomass was also determined at the end of the experiment. The collection of seeds of *Myrcianthes rhopaloides* and *Ocotea heterochroma* was carried out in the forests of Mazán and Llaviuco because no seeds were found in Nero. Germination was evaluated under the following factors: physiological state (mature and immature seed), imbibition (0, 24, 48 hours) and substrate (black earth + sand or peat), in *Myrcianthes rhopaloides* the physiological status factor was changed by site (Mazán and Llaviuco). The growth was evaluated under the following factors: substrate (black earth + silt) and sheath volume ( $5\text{ cm}^3 \times 8\text{ cm}^3$ ;  $6\text{ cm}^3 \times 9\text{ cm}^3$ ). The highest values of germination were recorded in: black earth + sand or peat, Llaviuco site and imbibition of 0 hours for *M. rhopaloides* and black earth + peat or sand, mature seed and 24 hour imbibition for *O. grandiflora* and *O. heterochroma*, whereas *O. andreanus* did not register significant differences. The initial growth showed a better response in the substrate: black earth + silt and a cover of  $6\text{ cm}^3 \times 9\text{ cm}^3$ . Biomass registered significant differences under the shell volume factor and not under the substrate factor.

**KEY WORDS:** REFOREST, SILVICULTURAL PROTOCOLS, GERMINATION, GROWTH, BIOMASS, NATIVE FOREST SPECIES.

---

**ÍNDICE**

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>20</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>21</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>22</b>
3.1. Objetivo General.....	22
3.2. Objetivos Específicos .....	22
<b>4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>22</b>
<b>5. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>23</b>
5.1. Plantas nativas.....	23
5.2. Análisis de la calidad de semilla .....	23
5.3. Tratamientos pre germinativos en especies nativas.....	24
5.4. Germinación .....	24
5.5. Crecimiento .....	25
5.6. Sustratos .....	25
5.6.1. Sustratos para germinación.....	25
5.6.2. Sustratos para la producción de plántulas .....	26
5.7. Fundas de plástico para la producción forestal .....	26
5.8. Especies importantes ecológicamente de los bosques nativos andinos.....	28
5.9. Descripción de las especies en estudio.....	29
<b>6. MATERIALES Y MÉTODOS (Descripción de la metodología).....</b>	<b>31</b>
6.1. Área de estudio.....	31
6.2. Metodología .....	32
6.2.1. Evaluación de la germinación de cuatro especies nativas bajo tres factores sitio o estado fisiológico de la semilla, sustratos y periodos de imbibición.....	32
6.2.2. Evaluación del crecimiento inicial a nivel de invernadero de cuatro especies forestales bajo diferentes sustratos y tamaño de funda. ....	37
6.3. Análisis de datos.....	38
<b>7. RESULTADOS.....</b>	<b>39</b>
7.1. Descripción de peso, pureza y contenido de humedad de las semillas .....	39
7.2. Germinación de semillas .....	40
7.2.1. <i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Kunth) McVaugh. ....	40
7.2.2. <i>Oreocallis grandiflora</i> (Lam.) R. Br. ....	45



7.2.3.	<i>Ocotea heterochroma</i> Mez & Sodiro .....	50
7.2.4.	<i>Oreopanax andreanus</i> Marchal .....	54
7.3.	Crecimiento de plántulas.....	56
7.3.1.	<i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Kunth) McVaugh .....	56
7.3.2.	<i>Oreocallis grandiflora</i> (Lam.) R. Br. ....	59
7.3.3.	<i>Ocotea heterochroma</i> Mez & Sodiro .....	63
7.3.4.	<i>Oreopanax andreanus</i> Marchal .....	67
7.4.	Biomasa aérea y subterránea.....	72
7.4.1.	<i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Kunth) McVaugh .....	72
7.4.2.	<i>Oreocallis grandiflora</i> (Lam.) R. Br. ....	72
7.4.3.	<i>Ocotea heterochroma</i> Mez & Sodiro .....	73
7.4.4.	<i>Oreopanax andreanus</i> Marchal .....	74
8.	DISCUSIÓN.....	74
9.	CONCLUSIONES.....	78
10.	RECOMENDACIONES.....	79
11.	BIBLIOGRAFIA.....	81
12.	ANEXOS:.....	86

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Área de recolección de semillas, invernaderos y laboratorio de semillas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay. ....	31
<b>Figura 2.</b> Porcentaje de germinación de <i>Myrcianthes rhopaloides</i> evaluado durante ocho semanas en dieciocho diferentes interacciones entre sitio $\times$ periodos de imbibición $\times$ sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. ....	41
<b>Figura 3.</b> Porcentaje de germinación de <i>Myrcianthes rhopaloides</i> evaluado durante ocho semanas en nueve interacciones entre periodos de imbibición $\times$ sustratos. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. ....	42
<b>Figura 4.</b> Porcentaje de germinación de <i>Myrcianthes rhopaloides</i> evaluado durante ocho semanas en seis diferentes interacciones entre sitio de recolección de semilla $\times$ sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. ....	43
<b>Figura 5.</b> Porcentaje de germinación de <i>Myrcianthes rhopaloides</i> evaluado durante ocho semanas durante seis meses en seis diferentes interacciones entre sitio de recolección de semilla $\times$ periodos de imbibición. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. ....	43
<b>Figura 6.</b> Porcentaje de germinación de <i>Myrcianthes rhopaloides</i> evaluado durante ocho semanas en tres niveles de sustratos. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. ....	44
<b>Figura 7.</b> Porcentaje de germinación de <i>Myrcianthes rhopaloides</i> evaluado durante ocho semanas en tres diferentes periodos de imbibición. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. ....	44
<b>Figura 8.</b> Porcentaje de germinación de <i>Myrcianthes rhopaloides</i> evaluado durante ocho semanas con semillas provenientes de dos sitios de recolección. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. ....	45

- Figura 9.** Porcentaje de germinación de *Oreocallis grandiflora* evaluado durante cuatro semanas en dieciocho diferentes interacciones entre estado fisiológico  $\times$  imbibición  $\times$  sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 46
- Figura 10.** Porcentaje de germinación de *Oreocallis grandiflora* evaluado durante cuatro semanas en seis diferentes interacciones entre estado fisiológico  $\times$  imbibición. Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 47
- Figura 11.** Porcentaje de germinación de *Oreocallis grandiflora* evaluado durante cuatro semanas en seis diferentes interacciones entre estado fisiológico  $\times$  sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 47
- Figura 12.** Porcentaje de germinación de *Oreocallis grandiflora* evaluado durante cuatro semanas en nueve diferentes interacciones entre imbibición  $\times$  sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 48
- Figura 13.** Porcentaje de germinación de *Oreocallis grandiflora* evaluado durante cuatro semanas en tres diferentes sustratos. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 49
- Figura 14.** Porcentaje de germinación de *Oreocallis grandiflora* evaluado durante cuatro semanas en tres periodos de imbibición. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 49
- Figura 15.** Porcentaje de germinación de *Oreocallis grandiflora* evaluado durante cuatro semanas en dos estados fisiológicos de la semilla. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 50
- Figura 16.** Porcentaje de germinación de *Ocotea heterochroma* evaluado durante seis semanas en dieciocho interacciones entre estado fisiológico  $\times$  imbibición  $\times$  sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 51
- Figura 17.** Porcentaje de germinación de *Ocotea heterochroma* evaluado durante seis semanas en nueve diferentes interacciones entre imbibición  $\times$  sustrato. Barras verticales

indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 52

**Figura 18.** Porcentaje de germinación de *Ocotea heterochroma* evaluado durante seis semanas en seis diferentes interacciones entre estado fisiológico  $\times$  sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 52

**Figura 19.** Porcentaje de germinación de *Ocotea heterochroma* evaluado durante seis semanas en tres diferentes sustratos. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 53

**Figura 20.** Porcentaje de germinación de *Ocotea heterochroma* evaluado durante seis semanas en tres diferentes periodos de imbibición. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 53

**Figura 21.** Porcentaje de germinación de *Oreopanax andreanus* evaluado durante ocho semanas en seis diferentes interacciones entre estado fisiológico  $\times$  sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 54

**Figura 22.** Porcentaje de germinación de *Oreopanax andreanus* evaluado durante ocho semanas en tres diferentes sustratos. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 55

**Figura 23.** Porcentaje de germinación de *Oreopanax andreanus* evaluado durante ocho semanas en tres diferentes periodos de imbibición. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 56

**Figura 24.** Promedios de altura final en *Myrcianthes rhopaloides* evaluado durante seis meses en seis diferentes interacciones entre sustrato  $\times$  tamaño de funda. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 57

**Figura 25.** Promedios de altura final en *Myrcianthes rhopaloides* evaluado durante seis meses en tres niveles de sustratos. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 57



- Figura 26.** Promedios de altura final en *Myrcianthes rhopaloides* evaluado durante seis meses en dos tamaños de funda. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 58
- Figura 27.** Promedios de altura final en *Oreocallis grandiflora* evaluado durante seis meses en tres niveles de sustratos. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 60
- Figura 28.** Promedios del diámetro final en *Oreocallis grandiflora* evaluado durante seis meses en tres niveles de sustratos. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 61
- Figura 29.** Promedios del diámetro final en *Oreocallis grandiflora* evaluado durante seis meses en dos tamaños de funda. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 61
- Figura 30.** Promedios del número de hojas final de *Oreocallis grandiflora* evaluado durante seis meses en seis interacciones entre sustrato  $\times$  tamaño de funda entre sustrato  $\times$  tamaño de funda. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 62
- Figura 31.** Promedios del número de hojas final de *Oreocallis grandiflora* evaluado durante seis meses en tres niveles de sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 63
- Figura 32.** Promedios de la altura final de *Ocotea heterochroma* evaluado durante seis meses en seis interacciones entre sustrato  $\times$  tamaño de funda. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 64
- Figura 33.** Promedios de altura final en *Ocotea heterochroma* evaluado durante seis meses en tres niveles de sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 65
- Figura 34.** Promedios del diámetro final de *Ocotea heterochroma* evaluado durante seis meses en tres niveles de sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 66

**Figura 35.** Promedios del número de hojas final en *Ocotea heterochroma* evaluado durante seis meses en tres niveles de sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

..... 67

**Figura 36.** Promedios del número de hojas final en *Ocotea heterochroma* evaluado durante seis meses en dos tamaños de funda. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

..... 67

**Figura 37.** Promedios de altura final en *Oreopanax andreanus* evaluado durante seis meses en seis diferentes interacciones entre sustrato  $\times$  tamaño de funda. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 68

**Figura 38.** Promedios de altura final en *Oreopanax andreanus* evaluado durante seis meses en tres diferentes niveles de sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .. 69

**Figura 39.** Promedios del diámetro final de *Oreopanax andreanus* evaluado durante seis meses en seis diferentes interacciones entre sustrato  $\times$  tamaño de funda. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 70

**Figura 40.** Promedios de diámetro final de *Oreopanax andreanus* evaluado durante seis meses en dos tamaños de funda. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes. .... 70

**Figura 41.** Promedios del número de hojas de *Oreopanax andreanus* evaluado durante seis meses en tres diferentes niveles de sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

..... 71

---

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Características de los contenedores más usados en la producción de plántulas nativas.....	27
<b>Tabla 2.</b> Especies forestales nativas para evaluar, atributos ecológicos de distribución y descripción botánica. ....	29
<b>Tabla 3.</b> Características semilla madura y semilla no madura de acuerdo al fruto recolectado.....	34
<b>Tabla 4.</b> Interacción de los diferentes factores para pruebas de germinación en <i>Myrcianthes rhopaloides</i> . ....	35
<b>Tabla 5.</b> Interacción de los diferentes factores para pruebas de germinación en <i>O. grandiflora</i> y <i>O. andreanus</i> y <i>O. heterochroma</i> . ....	36
<b>Tabla 6.</b> Interacción de los diferentes factores para las pruebas de crecimiento. ....	37
<b>Tabla 7.</b> Promedio $\pm$ desviación estándar del peso, pureza y contenido de humedad para las 4 especies en estudio. ....	40
<b>Tabla 10.</b> Promedio $\pm$ desviación estándar de biomasa aérea y subterránea en <i>Myrcianthes rhopaloides</i> . ....	72
<b>Tabla 11.</b> Promedio $\pm$ desviación estándar de biomasa aérea y subterránea en <i>Oreocallis grandiflora</i> . ....	73
<b>Tabla 12.</b> Promedio $\pm$ desviación estándar de biomasa aérea y subterránea en <i>Ocotea heterochroma</i> . ....	73
<b>Tabla 13.</b> Promedio $\pm$ desviación estándar de biomasa aérea y subterránea en <i>Oreopanax andreanus</i> . ....	74

---

**ÍNDICE DE CUADROS**

<b>Cuadro. 1</b> Prueba de hipótesis marginales con el Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC) ( $P < 0,05$ ) en <i>Myrcianthes rhopaloides</i> .....	41
<b>Cuadro. 2</b> Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC) ( $P < 0,05$ ) en <i>Oreocallis grandiflora</i> .....	45
<b>Cuadro. 3</b> Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC) ( $P < 0,05$ ) en <i>Ocotea heterochroma</i> .....	50
<b>Cuadro. 4</b> Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC) ( $P < 0,05$ ) en <i>Oreopanax andreanus</i> .....	54
<b>Cuadro. 5.</b> Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves DGC ( $P < 0,05$ ) para altura final en <i>Myrcianthes rhopaloides</i> . ....	56
<b>Cuadro. 6</b> Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves DGC ( $P < 0,05$ ) para diámetro final en <i>Myrcianthes rhopaloides</i> . ....	58
<b>Cuadro. 7</b> Prueba de hipótesis marginales con el test DGC para número de hojas final en <i>Myrcianthes rhopaloides</i> . ....	59
<b>Cuadro. 8.</b> Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves DGC ( $P < 0,05$ ) para crecimiento final en <i>Oreocallis grandiflora</i> . ....	59
<b>Cuadro. 9</b> Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves DGC ( $P < 0,05$ ) para diámetro final en <i>Oreocallis grandiflora</i> . ....	60
<b>Cuadro. 10.</b> Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves DGC ( $P < 0,05$ ) para número de hojas final en <i>Oreocallis grandiflora</i> . ....	62
<b>Cuadro. 11.</b> Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves DGC ( $P < 0,05$ ) para crecimiento final en <i>Ocotea heterochroma</i> . ....	63
<b>Cuadro. 12</b> Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves DGC ( $P < 0,05$ ) para diámetro final en <i>Ocotea heterochroma</i> . ....	65



<b>Cuadro. 13.</b> Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves DGC ( $P < 0,05$ ) para número de hojas final en <i>Ocotea heterochroma</i> . ....	66
<b>Cuadro. 14</b> Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves DGC ( $P < 0,05$ ) para crecimiento final en <i>Ocotea heterochroma</i> .....	68
<b>Cuadro. 15</b> Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves DGC ( $P < 0,05$ ) para diámetro final en <i>Ocotea heterochroma</i> . ....	69
<b>Cuadro. 16</b> Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves DGC ( $P < 0,05$ ) para número de hojas final en <i>Ocotea heterochroma</i> . ....	71



## ANEXOS

<b>Anexo. 1</b>	Tabla de registro utilizada en la germinación de especies forestales. ....	86
<b>Anexo. 2</b>	Tabla de registro utilizada en el crecimiento de especies forestales. ....	86
<b>Anexo. 3</b>	Tabla de registro utilizada para biomasa. ....	87
<b>Anexo. 4</b>	Bandejas utilizadas en la germinación de semillas. ....	87
<b>Anexo. 5.</b>	Plántulas en diferentes sustratos para evaluar su crecimiento. ....	88
<b>Anexo. 6.</b>	Plántulas germinadas. ....	88
<b>Anexo. 7.</b>	Plántulas al final del experimento. ....	88



## ABREVIATURA Y SIMBOLOGIA

a: arena

b. Maz: Bosque de Mazán

b. Llav: Bosque de Llaviuco

B: Biomasa

g: gramos

hrs: horas

l: limo

Ms: Materia seca

Pf: Peso fresco

sm: semilla madura

smn: semilla no madura

tn: tierra negra

t: turba

### Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Yo Daniel Rafael Rivera Lazo, autor del trabajo de titulación **“Germinación de semillas y crecimiento inicial de cuatro especies forestales nativas del bosque de Nero, Provincia del Azuay”**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, Enero 2019



Daniel Rafael Rivera Lazo

C.I: 0302457452



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio  
Institucional

---

Yo Daniel Rafael Rivera Lazo en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **“Germinación de semillas y crecimiento inicial de cuatro especies forestales nativas del bosque de Nero, Provincia del Azuay”**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, Enero del 2019



Daniel Rafael Rivera Lazo

C.I: 0302457452



## AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi guía y darme valor, paciencia y sabiduría para poder culminar mis estudios.

A mi mami y mis hermanos por brindarme confianza, paciencia y apoyarme en cada paso de mi vida.

A todos mis familiares por el apoyo moral y anímico que me dieron para que pudiera finalizar mis estudios.

Al Ingeniero Oswaldo Jadán, por su amistad y apoyó en todo momento, dedicando su valioso tiempo y conocimiento para la culminación de esta tesis.



## **DEDICATORIA**

A mi madre, Mercedes Lazo por ser el pilar fundamental de mi vida, por brindarme su apoyo incondicional y ser mi guía en todo momento.

A Alex por estar a mi lado escuchándome en todo momento con sus palabras de aliento y ayudándome en todo lo que podía, por toda la paciencia y amor que me tuvo en esta etapa y ser parte importante de mi vida.

A mis hermanos por su gran sencillez y su alegría incondicional.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador existen 12 573 387 ha de bosque nativo; aquí se han reportado 4 500 especies de plantas nativas de las cuales 3 508 (78%) están amenazadas y 353 (8%) están en peligro de extinción (León *et al.* 2000). El Ministerio del Ambiente del Ecuador MAE (2015) reportó que en la Provincia del Azuay se registran 132 559 ha de bosque nativo en donde existen especies arbóreas nativas que son características de los ecosistemas alto andinos entre ellas: *Hedyosmum cumbalense*, *Myrsine dependens*, *Ocotea infrafoveolata*, *Oreocallis grandiflora*, *Weinmannia fagaroides*, etc (Jadán *et al.*, 2017a).

Aguirre *et al.* (2007) mencionan que el uso de especies nativas son capaces de adaptarse a las condiciones adversas en el campo y constituyen especies promisorias para la restauración de ecosistemas degradados (Sobrinho *et al.*, 2013). Por ello la descripción de aspectos silviculturales y fisiológicos de especies nativas basados en la germinación y crecimiento inicial de las plantas se tornan importantes para contribuir al manejo y la capacidad ecológica las especies. También permiten analizar la influencia de diferentes factores (sitio de recolección de la semilla, imbibición, estado fisiológico, sustratos y tamaño de funda) sobre el desarrollo de la mismas (López *et al.*, 2003).

Factores como: Sitio de recolección de la semilla, estado fisiológico, periodos de imbibición, sustrato y tamaño de bolsa utilizados a nivel de vivero o invernadero influyen en la germinación y el crecimiento inicial de especies forestales nativas (Quiroz *et al.*, 2009). Estos factores facilitan el crecimiento del sistema radicular de las plantas lo cual inmediatamente contribuirá al desarrollo de la parte aérea hasta que se realice la plantación en territorio (Gomes y Gonçalves, 2013).

Evaluar la germinación y el crecimiento inicial de las especies bajo estos factores es de gran utilidad para seleccionar las mejores plántulas propagadas a utilizarse en proyectos o actividades específicas como la reforestación o restauración ecológica (Márquez *et al.*, 2005). Bajo esta perspectiva, se realizó la presente investigación para fortalecer los conocimientos sobre la propagación de cuatro especies forestales nativas presentes en ecosistemas alto andinos en la provincia del Azuay y son: *Ocotea heterochroma*, *Oreocalis grandiflora*, *Myrcianthes rhopaloides* y *Oreopanax andreanus*.

## 2. JUSTIFICACIÓN

La deforestación en la Región Sur del Ecuador es un problema relacionado con el cambio de uso del suelo (MAE, 2014a), esto ha producido problemas como: pérdida de cobertura vegetal, biodiversidad y erosión de suelos. Estrategias planteadas por instituciones gubernamentales como el MAE y el MAGAP con el fin de reforestar más de dos millones de hectáreas de áreas degradadas entre los años 2014 – 2017 (MAE, 2014a) no han sido eficientemente empleadas. Una de las barreras más influyentes para lograr la restauración ecológica ha sido la escasa investigación en la propagación de especies forestales nativas (Minchala *et al.*, 2013).

Si bien algunas especies forestales nativas son usadas para restaurar grandes extensiones de bosques y áreas agrícolas, los fallos derivados de la calidad de las plántulas usadas son evidentes.(Pérez *et al.*, 2013). Esto puede conducir a una elevada mortalidad inicial y al no desarrollo común en el crecimiento de una planta (Pérez *et al.*, 2013).

El enfoque tiene que ser de acuerdo con la calidad física y genética de la planta y no, como desafortunadamente se ha vuelto muy común, lograr una “meta” en función de la “cantidad” de plántulas producidas en vivero (Wightman y Cruz, 2003). Con respecto a la disposición de los recursos, resulta de mejor provecho producir menos árboles que sean muy sanos y vigorosos en lugar de muchos árboles de mala calidad. Además esto influirá directamente en la posibilidad de un buen éxito en los programas de reforestación (Wightman y Cruz, 2003).

Por lo descrito anteriormente es necesario desarrollar esta investigación para obtener más información sobre la germinación y el crecimiento inicial de cuatro especies forestales nativas (*Ocotea heterochroma*, *Oreocalis grandiflora*, *Myrcianthes rhopaloides*, *Oreopanax andreanus*). Estos resultados servirán como herramientas para obtener plántulas de especies nativas de calidad.

Además el presente estudio considera el análisis de algunos parámetros de la calidad de las semillas (peso, pureza y contenido de humedad) a través de la aplicación de protocolos estandarizados por el “International Seed Testing Association” ISTA a nivel de cada especie. Bajo estos antecedentes los resultados obtenidos sobre estas indagaciones contribuirán al conocimiento de la propagación y el buen manejo de los recursos forestales.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo General

- Generar información sobre germinación y crecimiento inicial de cuatro especies forestales nativas del bosque de Nero, Provincia del Azuay.

#### 3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la germinación de *Ocotea heterochroma*, *Oreocalis grandiflora*, *Myrcianthes rhopaloides* y *Oreopanax andreanus* sometidas a diferentes estados fisiológicos, periodos de imbibición y sustratos.
- Evaluar el crecimiento inicial a nivel de invernadero de *Ocotea heterochroma*, *Oreocalis grandiflora*, *Myrcianthes rhopaloides*, *Oreopanax andreanus* bajo diferentes sustratos y volumen de funda.

### 4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Hay diferencias en la germinación de las semillas de las especies forestales nativas entre estado fisiológico, niveles de imbibición y sustratos?
- ¿Hay diferencias en el crecimiento inicial de las especies forestales nativas entre sustratos y volumen de funda?

## 5. REVISIÓN DE LITERATURA

### 5.1. Plantas nativas

En el Ecuador se han catalogado 4500 especies de plantas endémicas. Estas se agrupan en 184 familias y 842 géneros. En el grupo de las briofitas están 63 especies que representan el 1,4% del total de endémicas, los helechos incluyen 181 especies que representan el 4%, hay una sola gimnosperma endémica, que representa el 0,02%; y las angiospermas con 4256 especies representan el 94% de las especies de plantas endémicas del Ecuador (León-Yáñez *et al.*, 2011).

La mayoría de especies endémicas (68%) se concentran en la región andina, la cual incluye los bosques andinos, páramos y la vegetación de los valles interandinos. En el Litoral se encuentra un 18% de las endémicas, en la Amazonía un 12% y en Galápagos un 4% (León-Yáñez *et al.*, 2011).

Los ecosistemas presentes en las estribaciones de Los Andes, contienen la mayor cantidad de plantas endémicas en Ecuador; de las 4500 especies endémicas del Ecuador, 3028 (67,5%) se encuentran en la región andina. De las especies endémicas reportadas en la región andina el 10% de las especies también están presentes en los ecosistemas de la costa, 6% en la Amazonía, 12% de las especies también se encuentran en los páramos pero la mayor parte de las especies de la zona andina (72%) son únicas de esta región natural (León-Yáñez *et al.*, 2011).

### 5.2. Análisis de la calidad de semilla

El análisis de la calidad de la semilla se realiza bajo las normas ISTA que son procedimientos internacionales confiables y estandarizados a nivel mundial, de tal manera que sean comparativos. Es importante el análisis de las semillas ya que determina la capacidad de un determinado número de semillas para producir plantas sanas y vigorosas para obtener buenos resultados en plantaciones en campo. Este análisis de calidad se realiza bajo parámetros como peso (gr) , pureza (gr), contenido de humedad (%) y germinación (%) (ISTA, 2007).

Por ejemplo en una investigación realizada en el parque nacional Cajas en semillas de siete especies nativas (*Cedrela montana*, *Morella pubescens*, *Inga acreana*, *Tabebuia chrysantha*, *Ocotea heterochroma*, *Oreocallis grandiflora* y *Myrcianthes rhopaloides*)

evaluadas bajo los parámetros (peso, pureza y contenido de humedad), se encontraron similitudes intraespecíficas para la mayoría de los parámetros analizados; no obstante, el peso presentó alta variabilidad intraespecífica para todas las especies, se demostró también que la variabilidad intraespecífica entre árboles resulta importante en la producción masiva de plántulas (Palomeque *et al.*, 2017).

### 5.3. Tratamientos pre germinativos en especies nativas

Los tratamientos pre germinativos son la aplicación de cualquier tratamiento mecánico, físico y/o químico que se aplica a una semilla con el objetivo de hacerlas germinar más rápidamente y en mayor cantidad (Román *et al.*, 2012a). De Luca (2010) menciona que el efecto de estos tratamientos sirve para preservar las semillas y regular la germinación, también señala que estos mecanismos son muy favorables para la supervivencia de las plántulas.

En un estudio realizado en Chile por Doll *et al.* (2013) se eligieron 6 especies nativas para evaluar la capacidad germinativa de cada especie sometiéndolas a tres tratamientos (remojo en agua fría, remojo en agua caliente y estratificación fría). Al final del experimento se demostró que las semillas sometidas a estratificación fría demostraron mayor capacidad germinativa a los 5 días con 99%, mientras que las semillas remojadas en agua caliente y agua fría mostraron su máxima energía germinativa al día 7, alcanzando una capacidad de 91% y 83% respectivamente.

### 5.4. Germinación

La germinación es el conjunto de fenómenos por los cuales el embrión, que se halla en estado de vida latente dentro de la semilla, reanuda su crecimiento y se desarrolla para formar una plántula. En condiciones de laboratorio, la posterior rotura de las cubiertas seminales por la radícula es el hecho que se utiliza para considerar que la germinación ha tenido lugar (criterio fisiológico). Sin embargo en condiciones de campo se considera que la germinación ha finalizado hasta que se produce la emergencia y desarrollo de una plántula normal (criterio agronómico) (Martínez, 2015).

La primera etapa de la germinación es la imbibición por agua, este fenómeno se da por las diferencias de potencial hídrico (mátrico) entre la semilla y la solución de imbibición. La cantidad de agua que penetra va a depender de las características de la



semilla (tamaño, contenido de sustratos hidratables, permeabilidad de la cubierta seminal, toma de oxígeno, etc.), pero es por lo general muy alta (Courtis, 2013).

La tasa de imbibición se ve afectada por varios factores que pueden determinar la respuesta a la germinación de las semillas: permeabilidad de la cubierta seminal, concentración de sales de agua, temperatura y área de la semilla en contacto con agua (Courtis, 2013).

## 5.5. Crecimiento

Es conveniente tener una idea de cuál es la tasa de crecimiento de las especies con el objetivo de evaluar el comportamiento de las plántulas sometidas a factores como sustrato, riego, temperatura y volumen del contenedor en el que se produce (Arriaga *et al.*, 1994). Es recomendable registrar el crecimiento de las plantas y utilizarlo como un criterio de evaluación para ser incluidas en programas de reforestación (Arriaga *et al.*, 1994).

Una investigación realizada en la Provincia del Carchi por Morocho (2016) evaluó el crecimiento en vivero de tres especies forestales: acacia negra (*Acacia melanoxylon*) aliso (*Alnus acuminata*) y pumamaqui (*Oreopanax spp*) empleando dos tipos de sustratos y un tratamiento testigo: **1)** 30% tierra negra + 30% pomina + 40% tierra de sitio, **2)** 70% tierra negra + 30% arena y **3)** 100% tierra de sitio (testigo). Los resultados demostraron que los mayores valores en altura total para *Oreopanax spp* fueron en el sustrato con las siguientes combinaciones: (40% tierra de sitio + 30% tierra negra + 30% pomina) con una media de 6,8 cm, para *Alnus acuminata* fue (40% tierra de sitio + 30% humus + 30% arena) con una media de 16,4 cm y para (*Acacia melanoxylon*) fue el sustrato (40% tierra de sitio + 30% humus + 30% arena) con una media de 34,1 cm; mientras que en los tratamientos testigo demostró para todas las especies una altura inferior a los 4 cm.

## 5.6. Sustratos

### 5.6.1. Sustratos para germinación

Una planificación forestal, inicia con la selección de semillas y la producción de plántulas de calidad a nivel de vivero (Tut, 2014). Esta calidad no depende solo de la capacidad genética de las especies sino también de la utilización de sustratos adecuados para homogenizar el proceso germinativo de las semillas (Belloso y Mazariego, 2013).

Un estudio realizado en Brasil evaluó el efecto de sustratos en el tiempo de aparición y número de semillas germinadas de 4 especies forestales: *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn, *Ficus maxima*, *Matisia paraensis* e *Inga bourgonii* bajo la influencia de 4 tipos de sustrato: T1 tierra negra y arena; T2 vermiculita, T3 vermiculita de tierra y T4 testigo. Al final del experimento se reportó que los sustratos no tenían ninguna influencia en el tiempo de aparición de la radícula, mientras que en el número de semillas germinadas en la vermiculita presentó una germinación de 100% de semillas sobre el tratamiento testigo (tierra negra) que presentó una tasa de 92.15% (Gomes y Gonçalves, 2013).

### 5.6.2. Sustratos para la producción de plántulas

En la producción de plántulas la utilización de sustratos con varios componentes (arena, perlita, limo, etc.) en variadas proporciones permiten obtener características físicas y químicas adecuadas para el crecimiento óptimo de distintas especies (Varela *et al.*, 2013). En un sustrato con tres o más componentes las especies forestales obtienen un mayor crecimiento en altura y diámetro.(Vásquez, 2016).

Se ha demostrado que una mezcla de sustrato con una fracción alta de materia orgánica ofrece un buen crecimiento en la parte aérea, pero no permite el desarrollo de un sistema radical fibroso de alta calidad, mientras que un balance de crecimiento tanto en la parte aérea y radicular se podrían obtener con la presencia de los nutrientes necesarios para el crecimiento, una buena textura y estructura del suelo (Alvarado y Solano, 2002).

En un estudio realizado en Perú con el fin de determinar el porcentaje de germinación y la sobrevivencia de plántulas en vivero de *Minquartia guianensi* utilizando los siguientes sustratos: suelo agrícola (t1=testigo), suelo agrícola + arena (t2), suelo agrícola + arena + materia orgánica (t3), arena + materia orgánica (t4), aserrín de madera + suelo agrícola (t5), demostraron que para los factores: altura, número de hoja, longitud de raíz principal y número de raíces, en el almácigo el mejor sustrato fue suelo agrícola + arena + materia orgánica y en repique fue solamente suelo agrícola (Vázquez, 2014).

### 5.7. Fundas de plástico para la producción forestal

Las bolsas de plástico son los contenedores más utilizados en los viveros forestales de todo el mundo porque son baratas y fáciles de transportar y almacenar (Quiroz *et al.*,

2009). Sin embargo, su uso ha disminuido debido a los altos volúmenes de sustrato que se utiliza y a la extensión de área que podrían ocupar en vivero o invernadero (Quiroz *et al.*, 2009).

En América Latina y en las zonas tropicales las bolsas de plástico son usadas para la propagación de especies debido a la protección que brindan frente a la deshidratación del sistema radical. El problema inherente con las bolsas de plástico es que cuando las raíces alcanzan el fondo de la bolsa comienzan a espiralizarse por lo que el crecimiento y funcionamiento se ve afectado (Wightman, 1999). Algunas ventajas y desventajas de la utilización de las bolsas de plástico se mencionan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Características de los contenedores más usados en la producción de plántulas nativas.

Envase	Características
<b>Fundas de Plástico</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ El crecimiento de las plantas puede ser más rápido debido al mayor espacio que tienen las raíces para su desarrollo.</li><li>▪ Menor costo.</li><li>▪ El trasplante se puede realizar con comodidad debido al diámetro de las bolsas.</li><li>▪ Apropriados en lugares donde la producción es pequeña.</li><li>▪ Se requiere mayor cantidad de sustrato.</li><li>▪ Su transporte puede resultar complicado.</li><li>▪ Por lo general no son reusables.</li></ul>
<b>Bandejas de Plástico</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Facilita la siembra y el trasplante.</li><li>▪ Puede mejorar el desarrollo uniforme de la plántula.</li><li>▪ Buen desarrollo de la plántula.</li><li>▪ Puede mejorar la distribución de las plántulas.</li><li>▪ No mantienen la humedad por mucho tiempo.</li><li>▪ Después de 25 a 30 días de estar la plántula en la bandeja, presenta problemas en el desarrollo.</li><li>▪ Los costos de producción pueden elevarse debido al precio de la bandeja.</li></ul>

**FUENTE:** (Román *et al.*, 2012b).

En Brasil Antoniazzi *et al.* (2013) realizaron un estudio para evaluar la eficiencia de diferentes recipientes en el crecimiento y los índices de clorofila de una especie forestal (*Cedrela fissilis* Vel). Los recipientes usados en la investigación fueron bolsas de plástico grandes (1,962 cm<sup>3</sup>) y pequeñas (607 cm<sup>3</sup>) así como tubetes de tres tamaños diferentes (175, 100 y 50cm<sup>3</sup>). Después de 120 días los resultados demostraron que con la disminución del tamaño y el volumen del recipiente se observa una reducción del crecimiento, aunque para los tubetes sin diferencias significativas. La mayor acumulación de masa seca se presentó en las bolsas de plástico, mientras que las especies producidas en tubos de 100 cm<sup>3</sup> presentaron mayor porcentaje de raíces. Para la producción de plántones de gran tamaño las bolsas de plástico grandes representaron la mejor alternativa para el desarrollo de la especie forestal.

### 5.8. Especies importantes ecológicamente de los bosques nativos andinos

Los bosques andinos se encuentran ubicados entre los 1200 a 3600 msnm en las estribaciones de la cordillera de los Andes. Son zonas muy húmedas con suelos alfombrados por helechos gigantes, líquenes y musgos (Velásquez, 2014). Son comunes las hierbas altas de hojas ancha, árboles altos de la región como los cedros (*Cedrela spp*), aguacatillos (*Ocotea spp*) y guarumos (*Cecropia spp*) (Velásquez, 2014). Estos bosques pueden ser húmedos o pluviales, un poco más arriba encontramos mortiños (*Vaccinium spp*), romerillo (*Podocarpus spp*), puyas (*Puya spp*) y pumamaqui (*Oreopanax spp*) (Velásquez, 2014). Ya que la vegetación constituye el elemento más visible de los ecosistemas en la región sur del Ecuador, se han reportado las siguientes familias botánicas con un gran valor de importancia: Melastomataceae, Lauraceae (*Ocotea spp*) Rubiaceae y Meliceae. También se distinguen familias como: Araliaceae (), Proteaceae (*Oreocallis spp*), Asteraceae y Myrtaceae (*Myrcianthes spp*) (MAE, 2013).

En un estudio realizado por (Jadán *et al.*, 2017b) en la provincia del Azuay en dos pisos altitudinales (2900-3300) (3300-3600) se describió que las especies con mayor índice de importancia son: *Weinmannia fagaroides*, *Myrsine dependens*, *Hedyosmum cumbalense*, *Ocotea infrafoveolata*, *Cyathea caracasana*, *Hesperomeles ferruginea* y *Oreocallis grandiflora*. Debido a la importancia de estas especies en la Provincia del Azuay, algunas de estas (*Oreocallis grandiflora*, *Ocotea spp*, *Oreopanax spp* y *Myrcianthes spp*) fueron utilizadas en el presente estudio.

## 5.9. Descripción de las especies en estudio

**Tabla 2.** Especies forestales nativas para evaluar, atributos ecológicos de distribución y descripción botánica.

Nombre científico	Nombre común	Distribución	Descripción botánica
<i>Oreopanax andreanus</i>	Pumamaqui, pumamaki rojo	Arbusto característico de las alturas de los Andes centrales. Conocido desde 30 subpoblaciones distribuidas en las laderas de los Andes del sudeste, que se encuentra dentro de las provincias de Azuay, Cañar, Loja y Zamora Chinchipe. Es un árbol del bosque alto andino, encontrados en un rango de elevación de 2.500-3.500 m (Montúfar y Pitman, 2003).	Son árboles o arbustos algunas veces epífitos, dioicos con pelos estrellados. Las hojas son lobuladas o enteras, pecíolo dilatado en la base. Las panículas terminales, con brácteas. Las flores son sostenidas por bractéolas pubescentes; el tubo floral cónico, unido al ovario. El Fruto es globoso con cáliz y estilo persistentes (Montúfar y Pitman, 2003).
<i>Myrcianthes rhopaloides</i>	Arrayan, unca, guagual.	Árbol nativo de los andes, se distribuye de 1500 a 4000 en las provincias de Azuay, Cañar, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura y Loja (JBB, 2014).	Árbol pequeño a mediano; corteza colorada en placas hojas opuestas o verticiladas; flores blancas; frutos rojizos y negros al madurar (JBB, 2014).



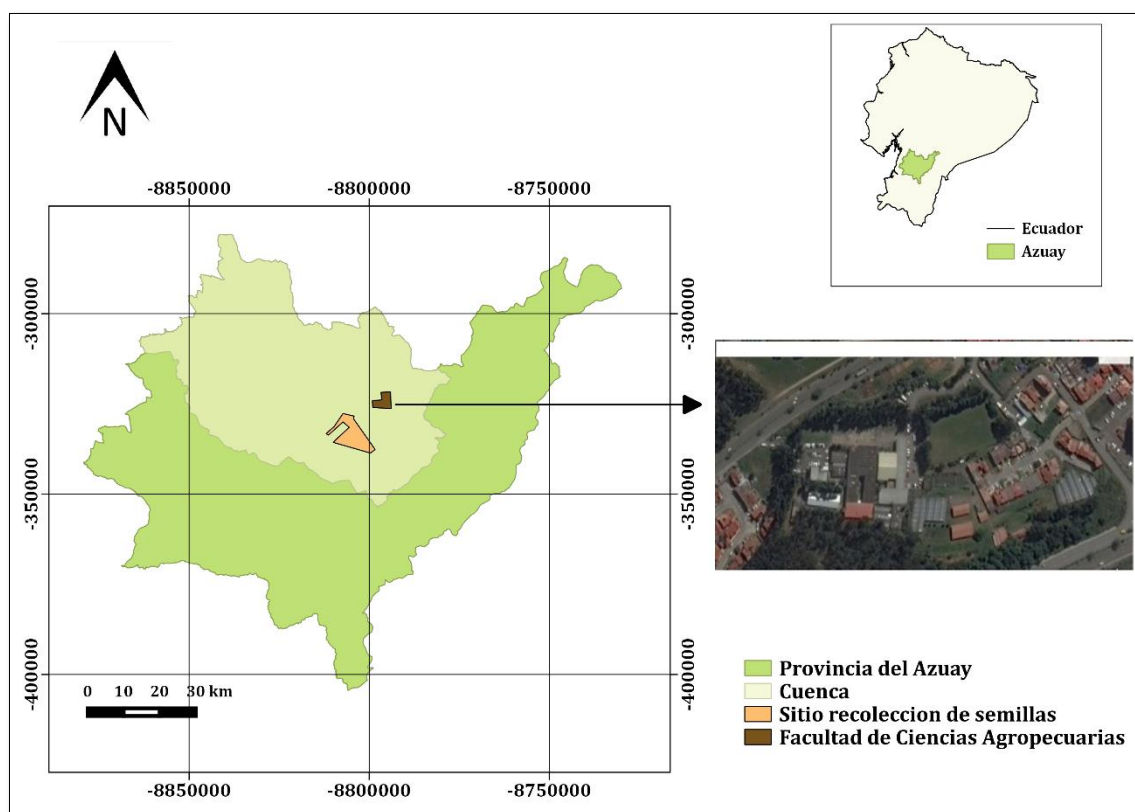
<i>Oreocallis grandiflora</i>	Gañal, Chacpá, chilla, saltaperico, atash, cucharilla.	Arbusto o Árbol nativo de los Andes, se distribuye de 1000 a 4000 msnm. en las provincias de Azuay, Guayas, Loja y Zamora Chinchipe (MAE, 2014b).	Arbusto a arbolito pequeño. Mide hasta 7 m de altura y 20 cm de diámetro. Sus hojas son ligeramente espatuladas con el ápice redondo; el fruto es una drupa cordiforme; la semilla es cubierta por un arillo rojo (MAE, 2014b).
<i>Ocotea heterochroma</i>	Aguacatillo, Laurel, laurel chaquiro.	Crece en bosques maduros entre los 2900 y 3300 metros, con frecuencia se encuentran tocones con rebrotes y arboles aislados en potreros (Vargas, 2002).	Árbol corpulento, de follaje glabro, fuertemente coriáceas, con los nervios amarillentos. Es una especie escasa, de madera muy dura y pesada (Vargas, 2002).

Fuente: Elaboración propia

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS (Descripción de la metodología)

### 6.1. Área de estudio

El estudio se realizó en el laboratorio de semillas e invernadero de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca ubicada en el Cantón Cuenca, Provincia del Azuay. Este cantón se encuentra ubicado a 2 590 msnm; entre los años 2017 y 2018 se registró una temperatura ambiental media entre 12 - 16 °C y una precipitación media de 652 mm (SIPA, 2018).



Fuente: Elaboración propia

**Figura 1.** Área de recolección de semillas, invernaderos y laboratorio de semillas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay.

## 6.2. Metodología

### 6.2.1. Evaluación de la germinación de cuatro especies nativas bajo tres factores sitio o estado fisiológico de la semilla, sustratos y periodos de imbibición.

Para obtener semillas de buena calidad se seleccionaron seis individuos por especie con las mejores características fenotípicas. De estos se destacó los siguientes aspectos morfológicos: calidad del fuste, altura de la bifurcación, dominancia del eje principal, ángulo de inserción de las ramas, forma de la copa y diámetro de la copa como lo recomienda Ordoñez (2001).

Cabe mencionar que la recolección de semillas no se realizó únicamente en el bosque de Nero debido a que las especies *Ocotea heterochroma* y *Myrcianthes rhopaloides* no presentaron semillas durante el tiempo de recolección. Por este motivo y bajo la disponibilidad natural de semillas, la recolección se realizó en el Bosque de Llaviuco y Mazan, que son sitios con similares características ecológicas a las de Nero.

La recolección de las semillas se la realizó con podadoras manuales en árboles en los que la semilla se encontraba a una altura menor a 5 metros. Para árboles con altura superior al alcance de la podadora, la recolección se realizó utilizando un equipo de ascensión o escalamiento de árboles (Petzl).

Con las semillas recolectadas se realizó el análisis de la calidad de la semilla bajo un protocolo estandarizado por el “International Seed Testing Association” (ISTA, 2007). En el laboratorio de semillas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, se extrajo la pulpa y se analizó parámetros como: peso (g), pureza (%) y contenido de humedad (%). Este análisis de calidad se lo realiza con la finalidad de apoyar a la semilla a desarrollar una plántula normal.

Para el peso, se seleccionaron y pesaron al azar cuatro muestras con 25 semillas cada una (100 semillas en total). Estas muestras fueron pesadas con una balanza de precisión, obteniendo así el peso respectivo para cada muestra.

Para la pureza se pesaron cuatro muestras al azar, cada muestra contenía 25 semillas (100 semillas en total). Posteriormente se procedió a separar las impurezas de cada muestra para volver a pesar y obtener el peso neto.



El porcentaje de semilla pura se calculó con la siguiente formula:

$$\text{Pureza \%} = \frac{\text{Peso de la fraccion de semilla pura}}{\text{Peso total de la muestra de trabajo}} * 100$$

Para el contenido de humedad se utilizaron 25 semillas de 4 repeticiones (100 semillas en total) por especie para *M. rhopaloides*, *O. grandiflora* y *O. andreanus*. En *O. heterochroma* siguiendo las recomendaciones del ISTA se usaron dos muestras de 10 semillas por ser de gran tamaño. Cabe mencionar que todas estas muestras fueron tomadas del ensayo de pureza. Se colocó las muestras en cajas petri, se calculó el contenido de humedad de la siguiente manera:

1. Se pesó la caja petri vacía tanto la base como la tapa.
2. Se colocó la muestra de la semilla previamente pesada (g) en la caja petri y se pesó todo (base, tapa y muestra).
3. Se colocó la caja petri en la estufa a 103°C +/- 2°C por 17 +/- 1 hora. Luego se procedió a apagar la estufa por un tiempo determinado (30 - 45 min) hasta que se enfríen las muestras (para evitar la reabsorción de humedad). Después de normalizarse la temperatura, se pesaron las cajas petri nuevamente. El contenido de humedad se calculó con la siguiente formula:

$$(M2 - M3) \frac{100}{(M2 - M1)}$$

Donde:

**M1** = es el peso en gramos del recipiente y su tapa,

**M2** = es el peso en gramos del recipiente, su tapa y su contenido antes del secado

**M3** = es el peso en gramos del recipiente, tapa y el contenido después del secado.

Para evaluar el porcentaje de germinación, en primer lugar se separó la semilla del bosque de Mazán y Llaviuco de la especie *M. rhopaloides*, se realizó esta clasificación debido a que esta especie solo presento fruto maduro (color morado, vino tinto o marrón negruzco). En *O. grandiflora*, *O. andreanus* y *O. heterochroma* se seleccionó la semilla en madura y no madura según la coloración del pericarpio (distinto a verde), de acuerdo

a las siguientes características de los frutos recolectados (Tabla 3).

**Tabla 3.** Características semilla madura y semilla no madura de acuerdo al fruto recolectado.

Especie	Semilla madura	Semilla no madura
<i>Myrcianthes rophaloides</i>	Color morado, vino tinto o marrón negruzco.	
<i>Ocotea heterochroma</i>	Fruto suave, pericarpio de color negro.	Fruto duro, pericarpio verde.
<i>Oreocalis grandiflora</i>	Color del fruto café o tornando a cafés con abertura de la capsula.	Fruto verde sin abertura de la capsula.
<i>Oreopanax andreanus</i>	Fruto suave, pericarpio de color negruzco.	Fruto duro, pericarpio verde.

Fuente: Elaboración propia

La semilla clasificada fue colocada en tres diferentes periodos de tiempo imbibición 0, 24 y 48 horas, para lo cual la semilla fue emergida en agua normal. Para este procedimiento se utilizaron cuatro muestras de 25 semillas para las cuatro especies en estudio.

Luego del proceso de imbibición, se aplicó un protocolo de desinfección a todas las semillas. El procedimiento se realizó mediante: lavado con alcohol al 90%  $\times$  2 minutos y enjuague con agua destilada según como lo recomienda (Patiño *et al.*, 2014). Después de la desinfección las semillas fueron sembradas en bandejas de plástico (60 cm  $\times$  30 cm) con sustrato de germinación en las siguientes proporciones: 1 tierra negra - 1 arena; 3 tierra negra - 1 turba y tratamiento testigo (tierra negra).

Una vez instalado el experimento se realizó la evaluación diariamente durante un periodo de 2 meses o de acuerdo al tiempo de germinación de cada especie. En el experimento se tuvo un diseño factorial con tres factores (A, B y C) mediante el cual se obtuvo las siguientes interacciones (Tabla 4 y 5).

**Tabla 4.** Interacción de los diferentes factores para pruebas de germinación en *Myrcianthes rhopaloides*.

<b>Factor A: Sitio recolección de la semilla</b>	<b>Factor B: Periodos de imbibición</b>	<b>Factor C: Sustratos</b>	<b>Interacción A × B × C</b>
<b>niveles</b>	<b>niveles</b>	<b>niveles</b>	<b>niveles: factor a × factor b × factor c:</b>
Bosque de Llaviuco			Llaviuco × 0hrs × 3 tierra negra - 1 arena.
			Llaviuco × 0hrs × 1 tierra negra - 1 arena.
			Llaviuco × 0hrs × tierra negra
	0 horas	3 tierra negra - 1 arena	Llaviuco × 24hrs × 3 tierra negra - 1 arena
	24 horas	1 tierra negra - 1 arena.	Llaviuco × 24hrs × 1 tierra negra - 1 arena.
	48 horas	testigo (tierra negra)	Llaviuco × 24hrs × tierra negra
			Llaviuco × 48hrs × 3 tierra negra - 1 arena.
			Llaviuco × 48hrs × 1 tierra negra - 1 arena
			Llaviuco × 48hrs × tierra negra
Bosque de Mazan			Mazan × 0hrs × 3 tierra negra - 1 arena
			Mazan × 0hrs × 1 tierra negra - 1 arena
			Mazan × 0hrs × tierra negra
	0 horas	3 tierra negra - 1 arena	Mazan × 24hrs × 3 tierra negra - 1 arena
	24 horas	1 tierra negra - 1 arena	Mazan × 24hrs × 1 tierra negra - 1 arena.
	48 horas	testigo (tierra negra)	Mazan × 24hrs × tierra negra
			Mazan × 48hrs × 3 tierra negra - 1 arena.
			Mazan × 48hrs × 1 tierra negra - 1 arena.
			Mazan × 48hrs × tierra negra

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5.** Interacción de los diferentes factores para pruebas de germinación en *O. grandiflora* y *O. andreanus* y *O. heterochroma*.

Factor A: Estado fisiológico de la semilla.	Factor B: Periodos de imbibición	Factor C: Sustratos	Interacción $A \times B \times C$
niveles	niveles	niveles	niveles: factor a $\times$ factor b $\times$ factor c:
semilla madura (sm)			sm $\times$ 0hrs $\times$ 3 tierra negra - 1 arena.
			sm $\times$ 0hrs $\times$ 1 tierra negra - 1 arena.
			sm $\times$ 0hrs $\times$ tierra negra
	0 horas	3 tierra negra - 1 arena	sm $\times$ 24hrs $\times$ 3 tierra negra - 1 arena
	24 horas	1 tierra negra - 1 arena.	sm $\times$ 24hrs $\times$ 1 tierra negra - 1 arena.
	48 horas	testigo (tierra negra)	sm $\times$ 24hrs $\times$ tierra negra
			sm $\times$ 48hrs $\times$ 3 tierra negra - 1 arena.
			sm $\times$ 48hrs $\times$ 1 tierra negra - 1 arena
			sm $\times$ 48hrs $\times$ tierra negra
	semilla no madura (snm)		snm $\times$ 0hrs $\times$ 3 tierra negra - 1 arena
			snm $\times$ 0hrs $\times$ 1 tierra negra - 1 arena
			snm $\times$ 0hrs $\times$ tierra negra
		0 horas	snm $\times$ 24hrs $\times$ 3 tierra negra - 1 arena
		24 horas	snm $\times$ 24hrs $\times$ 1 tierra negra - 1 arena.
		48 horas	snm $\times$ 24hrs $\times$ tierra negra
			snm $\times$ 48hrs $\times$ 3 tierra negra - 1 arena.
			snm $\times$ 48hrs $\times$ 1 tierra negra - 1 arena.
			snm $\times$ 48hrs $\times$ tierra negra

### 6.2.2. Evaluación del crecimiento inicial a nivel de invernadero de cuatro especies forestales bajo diferentes sustratos y tamaño de funda.

Las plántulas de las especies germinadas fueron trasplantadas en diferentes sustratos con diferentes proporciones y combinaciones bajo el siguiente procedimiento.

- Se extrajo de la bandeja semillero las plántulas germinadas.
- Se introdujo la radícula en el sustrato realizando una perforación del tamaño de la raíz de la planta, de modo que esta quede en contacto con la tierra.
- Se presionó la tierra de alrededor de la plántula hacia abajo para eliminar bolsas de aire que se pudieran haber formado.

En el experimento se tuvo un diseño factorial con dos factores (A y B) mediante el cual se obtuvo seis tratamientos compuestos por las siguientes interacciones (Tabla 6). En cada tratamiento se utilizaron 12 repeticiones.

**Tabla 6.** Interacción de los diferentes factores para las pruebas de crecimiento.

<b>Factor A: Volumen de funda</b>	<b>Factor B: Sustratos</b>	<b>Interacción A × B</b>
<b>Niveles</b>	<b>Niveles</b>	<b>Niveles: factor a × factor b:</b>
$5 \text{ cm}^3 \times 8 \text{ cm}^3$	1 tierra negra - 1 limo	$5 \text{ cm}^3 \times 8 \text{ cm}^3 \times 1 \text{ tierra negra} - 1 \text{ limo}$
	3 tierra negra - 1 limo	$5 \text{ cm}^3 \times 8 \text{ cm}^3 \times 3 \text{ tierra negra} - 1 \text{ limo}$
	tierra negra	$5 \text{ cm}^3 \times 8 \text{ cm}^3 \times \text{tierra negra}$
$6 \text{ cm}^3 \times 9 \text{ cm}^3$	1 tierra negra - 1 limo	$6 \text{ cm}^3 \times 9 \text{ cm}^3 \times 1 \text{ tierra negra} - 1 \text{ limo}$
	3 tierra negra - 1 limo	$6 \text{ cm}^3 \times 9 \text{ cm}^3 \times 3 \text{ tierra negra} - 1 \text{ limo}$
	testigo	$6 \text{ cm}^3 \times 9 \text{ cm}^3 \times \text{tierra negra}$

Fuente: Elaboración propia

La evaluación del crecimiento se realizó bajo las siguientes variables: crecimiento en altura, diámetro de la plántula (dato tomado del cuello de la plántula) y número de hojas. Bajo estas variables se evaluó la influencia de cada factor y su

interacción (sustrato  $\times$  volumen de bolsa) en el crecimiento de las plántulas (Tabla 6).

La evaluación se realizó cada ocho días en un periodo de seis meses.

Al terminar la evaluación de crecimiento, se estimó la biomasa subterránea (raíz) y aérea (tallo y hojas) con el siguiente procedimiento:

- Se eligieron al azar 10 plántulas por tratamiento.
- Se realizó un lavado de todos los residuos de sustratos que pudieran estar presentes.
- Se cortó las plántulas a nivel del cuello del tallo para separar la parte aérea (tallo y hojas) de la parte subterránea (raíz).
- Mediante una balanza se determinó el peso en húmedo de la parte aérea y subterránea por separado.
- Las muestras fueron colocadas en fundas de papel y se colocaron en la estufa a una temperatura de 65°C por 72 horas.
- La estimación del peso seco se realizó cada 24 horas hasta que las muestras presentaron pesos similares al obtenido en la toma de datos anterior.
- Finalmente se estimó la biomasa aérea y subterránea utilizando la siguiente formula:

$$B = \frac{Pf \times Ms}{100} \quad \text{Adaptado de (Alder, 1980)}$$

Dónde: **B**: Biomasa (g); **Pf**: Peso fresco (g); **Ms**: Materia seca (g).

### 6.3. Análisis de datos

Para analizar de los parámetros de la calidad de las semillas tanto en peso, pureza y contenido de humedad de acuerdo al sitio de recolección de la semilla en *M. rhopaloides* y estado fisiológico para *O. heterochroma*, *O. grandiflora*, y *O. andreanus* se realizó un análisis descriptivo de medias y varianza. Para comparar la germinación a nivel de sitio de recolección o estado fisiológico (factor 1), periodos de imbibición (factor 2) y entre sustratos (factor 3) se utilizaron Modelos lineales mixtos para cada especie estudiada. Se usaron como variables fijas a todos los factores y sus interacciones; como variables aleatorias a las repeticiones en cada nivel. Para comparar el crecimiento de plántulas en invernadero, a nivel de sustrato (factor 1) y entre volumen de funda (factor 2) se utilizaron Modelos lineales mixtos. Se usaron como variables fijas los dos factores y sus

interacciones; como variables aleatorias a las repeticiones en cada nivel. Se realizaron comparaciones de medias entre cada uno de los tratamientos usando la Prueba Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC) bajo un nivel de significancia de ( $P < 0.05$ ). Para los datos de biomasa se realizó un análisis descriptivo de medias y de varianza de acuerdo a cada tratamiento usado en la etapa de crecimiento. Para todos los análisis se utilizó el programa estadístico InfoStat. (InfoStat, 2018).

## 7. RESULTADOS

### 7.1. Descripción de peso, pureza y contenido de humedad de las semillas

El peso (g) de las semillas de *M. rhopaloides* fue similar entre sitios con valores de  $7,49 \pm 1,53$  para el bosque de Llaviuco y  $7,76 \pm 0,73$  para el bosque de Mazán (Tabla 7). Igual similitud se presentó para el análisis de pureza (%) tanto el bosque de Llaviuco  $90,31 \pm 1,13$  y para el bosque de Mazan  $91,28 \pm 4,19$ . El contenido de humedad (%) varió entre  $30,35 \pm 0,83$  para Llaviuco y  $18,22 \pm 0,9$  para Mazán (Tabla 7).

El peso (g) de las semillas de *O. grandiflora* (recolectadas en Nero) varió levemente en el estado fisiológico con valores de  $2,75 \pm 0,11$  para semilla madura y  $2,52 \pm 0,15$  g para semilla no madura (Tabla 7). No obstante, el análisis de pureza (%) presentó una variación con  $93,14 \pm 1,72$  para semilla madura y  $74,83 \pm 8,79$  para semilla no madura. De igual manera el contenido de humedad (%) varió entre  $16,45 \pm 15,7$  para semilla madura y  $5,9 \pm 0,98$  para semilla no madura (Tabla 7).

El peso (g) de las semillas de *O. heterochroma* (recolectadas en Mazán y Llaviuco) fue similar entre estado fisiológico con valores de  $34,81 \pm 7,18$  para semilla madura y  $29,92 \pm 0,32$  para semilla no madura (Tabla 7). En el análisis de pureza (%) los valores obtenidos variaron entre  $90,78 \pm 13,05$  para semilla madura y  $100 \pm 0$  para la semilla no madura. En el contenido de humedad (%) vario entre  $15,2 \pm 54,44$  para semilla madura y  $53,96 \pm 17,46$  para semilla no madura (Tabla 7).

El peso (g) de las semillas de *O. andreanus* (recolectadas en Nero) fue similar entre estado fisiológico, con valores de  $3,5 \pm 0,11$  para semilla madura y  $3,5 \pm 0,24$  semilla no madura (Tabla 7). Para el análisis de pureza (%) los valores obtenidos variaron de  $92,7 \pm 2,55$  para semilla madura y  $83,25 \pm 4,27$  para la semilla no madura. Para el contenido de humedad (%) los valores fueron similares con  $8,8 \pm 0,19$  para semilla

madura y  $9,27 \pm 0,16$  para semilla no madura (Tabla 7).

**Tabla 7.** Promedio  $\pm$  desviación estándar del peso, pureza y contenido de humedad para las 4 especies en estudio.

<b>Especie</b>	<b>Estado fisiológico</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Pureza (%)</b>	<b>Cont. Humedad (%)</b>
<i>Myrcianthes rhopaloides</i>	semilla madura/ Llaviuco	$7,49 \pm 1,53$	$90,31 \pm 1,13$	$30,35 \pm 0,83$
<i>Myrcianthes rhopaloides</i>	semilla madura/Mazan	$7,76 \pm 0,73$	$91,28 \pm 4,19$	$18,22 \pm 0,9$
<i>Oreocallis grandiflora</i>	semilla madura	$2,75 \pm 0,11$	$93,14 \pm 1,72$	$16,45 \pm 15,7$
<i>Oreocallis grandiflora</i>	semilla no madura	$2,52 \pm 0,15$	$74,83 \pm 8,79$	$5,9 \pm 0,98$
<i>Ocotea heterochroma</i>	semilla madura	$34,81 \pm 7,18$	$90,78 \pm 13,05$	$15,2 \pm 54,44$
<i>Ocotea heterochroma</i>	semilla no madura	$29,92 \pm 0,32$	$100 \pm 0$	$53,96 \pm 17,46$
<i>Oreopanax andreanus</i>	semilla madura	$3,5 \pm 0,11$	$92,7 \pm 2,55$	$8,8 \pm 0,19$
<i>Oreopanax andreanus</i>	semilla no madura	$3,5 \pm 0,24$	$83,25 \pm 4,27$	$9,27 \pm 0,16$

Fuente: Elaboración propia

## 7.2. Germinación de semillas

### 7.2.1. *Myrcianthes rhopaloides* (Kunth) McVaugh.

Todas las combinaciones o interacciones entre los factores: sustratos, sitio (procedencia) e imbibición con sus diferentes niveles presentaron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0,05$ ) (Cuadro 1).

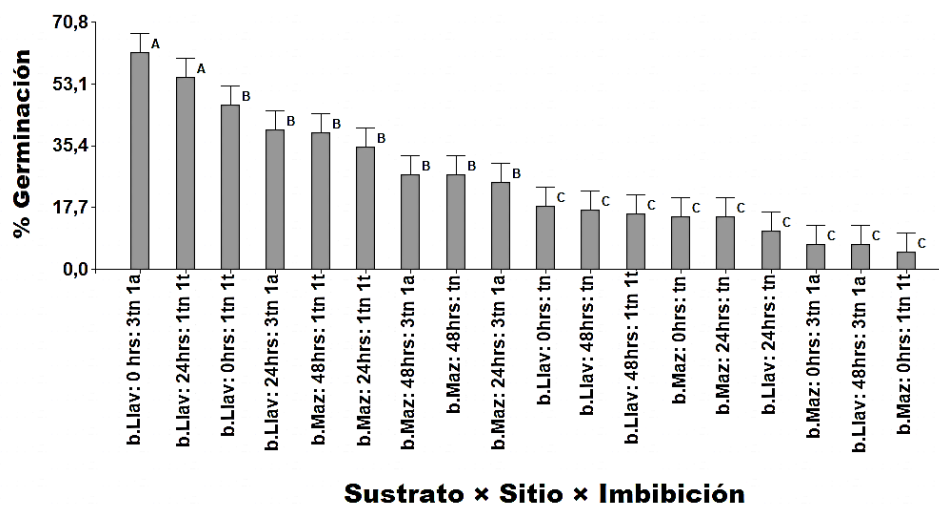


**Cuadro. 1** Prueba de hipótesis marginales con el Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC) ( $P < 0,05$ ) en *Myrcianthes rhopaloides*

Interacción	Valor-F	Valor-P < 0,05
Sitio × imbibición × sustrato	5,06	0,0015
Imbibición × sustrato	5,96	0,0005
Sitio × sustrato	5,53	0,0065
Sitio × imbibición	33,05	<0,0001
Sitio	10,25	0,0023
Imbibición	3,51	0,0368
Sustrato	13,37	<0,0001

Fuente: Elaboración propia

La germinación bajo la interacción de los factores estado fisiológico × imbibición × sustrato presentó dos mejores tratamientos. Los mayores valores fueron para los tratamientos: (b. Llav: 0hrs: 3tn 1a) bosque Llaviuco: 0 horas: 3 tierra negra 1 arena (62,00 %); (b. Llav: 24hrs: 1tn 1t) bosque Llaviuco: 24 horas: 1 tierra negra 1 turba (55,00 %). Los menores valores de germinación se registraron para nueve tratamientos de los cuales cinco están conformados por tierra negra. En estos tratamiento la germinación fue inferior al 18,0 % (Figura 2).

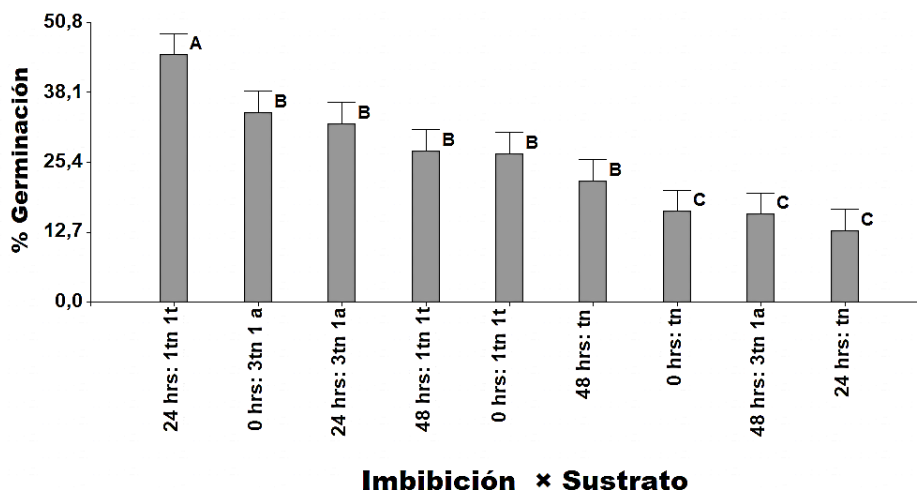


Fuente: Elaboración propia

**Figura 2.** Porcentaje de germinación de *Myrcianthes rhopaloides* evaluado durante ocho semanas en dieciocho diferentes interacciones entre sitio × periodos de imbibición × sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

b. Llav: semilla bosque Llaviuco; b. Maz: semilla bosque Mazan; hrs: horas; 1tn 1t: proporción 1 de tierra negra - 1 de turba; 3tn 1a: proporción 3 tierra negra - 1 arena; tn: tierra negra.

La germinación bajo la interacción de los factores imbibición  $\times$  sustrato presentó los mayores valores en el tratamiento (24hrs: 1tn 1t) 24 horas: 1 tierra negra - 1 turba con 45,0 % (Figura 3). Los menores valores de germinación se registraron en tres tratamientos en los cuales la germinación fue inferior al 16,5 % (Figura 3).

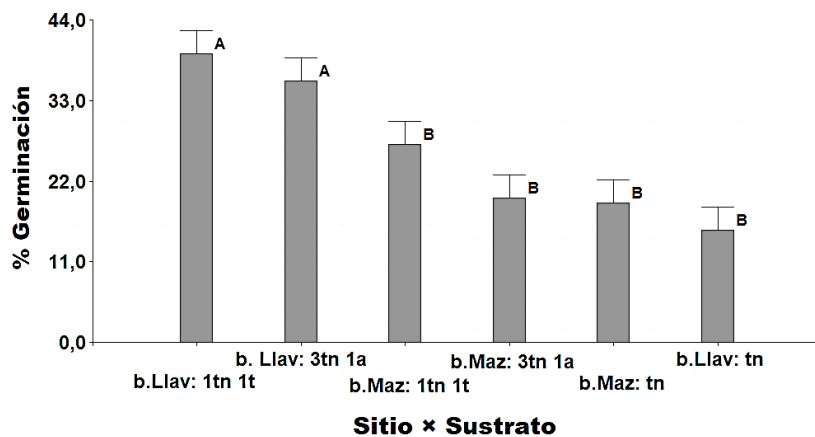


Fuente: Elaboración propia

**Figura 3.** Porcentaje de germinación de *Myrcianthes rhopaloides* evaluado durante ocho semanas en nueve interacciones entre periodos de imbibición  $\times$  sustratos. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

hrs: horas; 1tn 1t: proporción 1 de tierra negra - 1 de turba; 3tn 1a: proporción 3 tierra negra - 1 arena; tn: tierra negra.

La germinación bajo la interacción de los factores sitio  $\times$  sustrato presentó los mayores valores fueron para dos tratamientos: (b. Llav: 1tn 1t) bosque Llaviuco: 1 tierra negra - 1 turba con 39,3 %, (b. Llav: 3tn 1a) bosque Llaviuco: 3 tierra negra - 1 arena con 35,67 % (Figura 4).

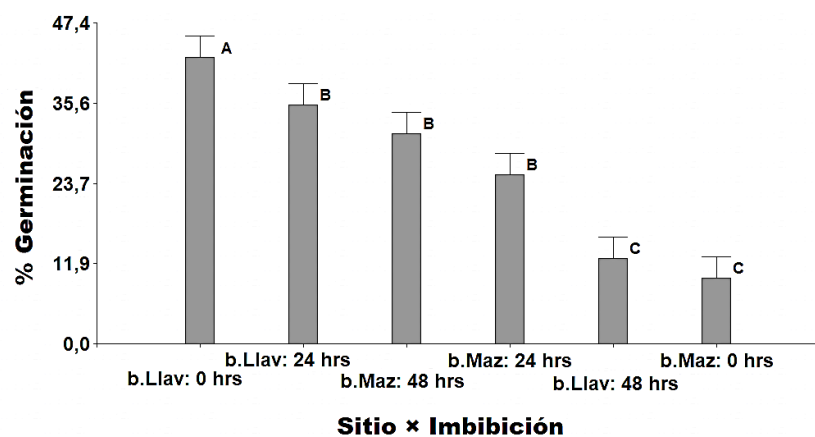


Fuente: Elaboración propia

**Figura 4.** Porcentaje de germinación de *Myrcianthes rhopaloides* evaluado durante ocho semanas en seis diferentes interacciones entre sitio de recolección de semilla × sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

b. Llav: semilla bosque Llaviuco; b. Maz: semilla bosque Mazan; 1tn 1t: proporción 1 de tierra negra - 1 de turba; 3tn 1a: proporción 3 tierra negra - 1 arena; tn: tierra negra.

La germinación bajo la interacción de los factores sitio × imbibición, presentó los mayores valores en el tratamiento (B. Llav: 0hrs) bosque Llaviuco: 0 horas con 42,3 %. Los menores valores de germinación se registraron en dos tratamientos en los cuales la germinación fue inferior al 12,6 % (Figura 5).

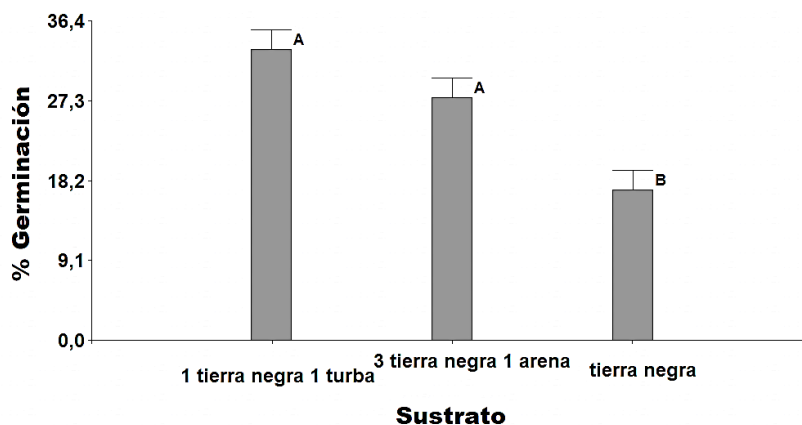


Fuente: Elaboración propia

**Figura 5.** Porcentaje de germinación de *Myrcianthes rhopaloides* evaluado durante ocho semanas durante seis meses en seis diferentes interacciones entre sitio de recolección de semilla × periodos de imbibición. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

b. Llav: semilla bosque Llaviuco; b. Maz: semilla bosque Mazan; hrs: horas

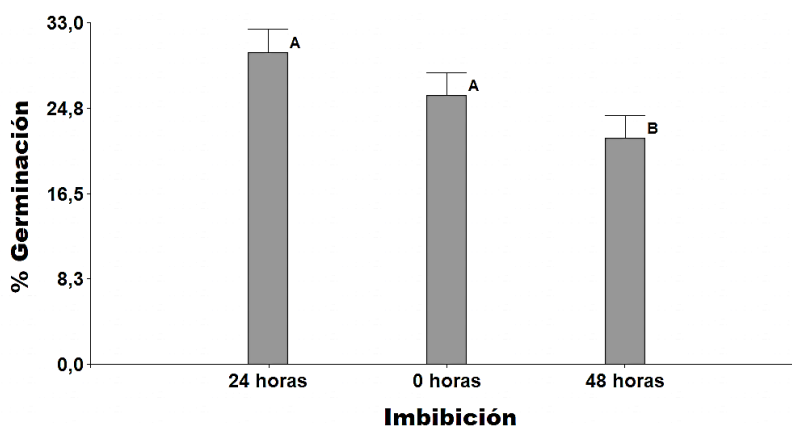
La germinación comparada entre sustratos presentó los mejores tratamientos para la proporciones: 1 tierra negra - 1 turba con 33,1 % y 3 tierra negra - 1 arena con 27,6 % (Figura 6). Los menores valores fueron para el sustrato compuesto solo por tierra negra con 17,7 % (Figura 6).



Fuente: Elaboración propia

**Figura 6.** Porcentaje de germinación de *Myrcianthes rhopaloides* evaluado durante ocho semanas en tres niveles de sustratos. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

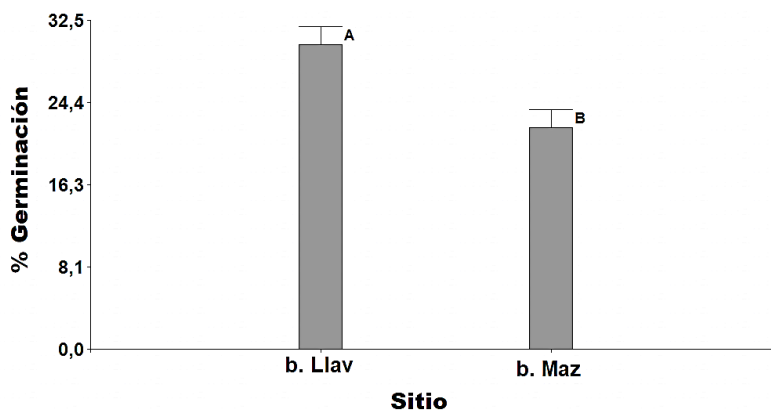
La germinación comparada entre niveles de imbibición registró los mayores valores a las 24 con 30,1 % y 0 horas con 26,0 %. Los menores valores fueron para las 48 horas con 21,8 % (Figura 7).



Fuente: Elaboración propia

**Figura 7.** Porcentaje de germinación de *Myrcianthes rhopaloides* evaluado durante ocho semanas en tres diferentes periodos de imbibición. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

La germinación comparada entre sitio de recolección de la semilla registró los mayores valores para las semillas recolectadas en el bosque de Llaviuco con 30,1 %. El menor valor se registró en el bosque de Mazán con 21,8 % (Figura 8).



Fuente: Elaboración propia

**Figura 8.** Porcentaje de germinación de *Myrcianthes rhopaloides* evaluado durante ocho semanas con semillas provenientes de dos sitios de recolección. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

### 7.2.2. *Oreocallis grandiflora* (Lam.) R. Br.

Todas las combinaciones o interacciones entre los factores: sustratos, estado fisiológico de la semilla e imbibición con sus diferentes niveles presentaron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0,05$ ) (Cuadro 2).

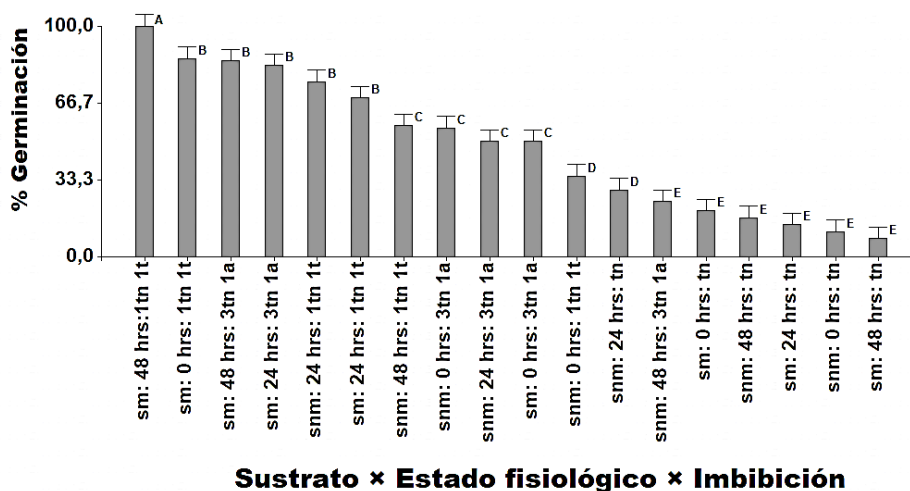
**Cuadro. 2** Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC) ( $P < 0,05$ ) en *Oreocallis grandiflora*.

Interacción	Valor F	Valor P < 0,05
Estado fisiológico × imbibición × sustrato	16,66	<0,0001
Estado fisiológico × imbibición	11,61	0,0001
Estado fisiológico × sustrato*	23,04	<0,0001
Imbibición × sustrato	3,04	0,0248
Estado fisiológico	56,14	<0,0001
Imbibición	6,53	0,0029
Sustrato	189,26	<0,0001

Fuente: Elaboración propia

La germinación evaluada bajo la interacción de los factores estado fisiológico × imbibición × sustrato presentó los mayores valores para (sm: 48hrs: 1tn 1t) semilla madura: 48 horas: 1 tierra negra - 1 turba con 100 % (Figura 9). Los menores valores se

registraron para seis tratamientos de los cuales cinco están conformados por tierra negra. En estos tratamientos la germinación fue inferior al 24,0% (Figura 9).

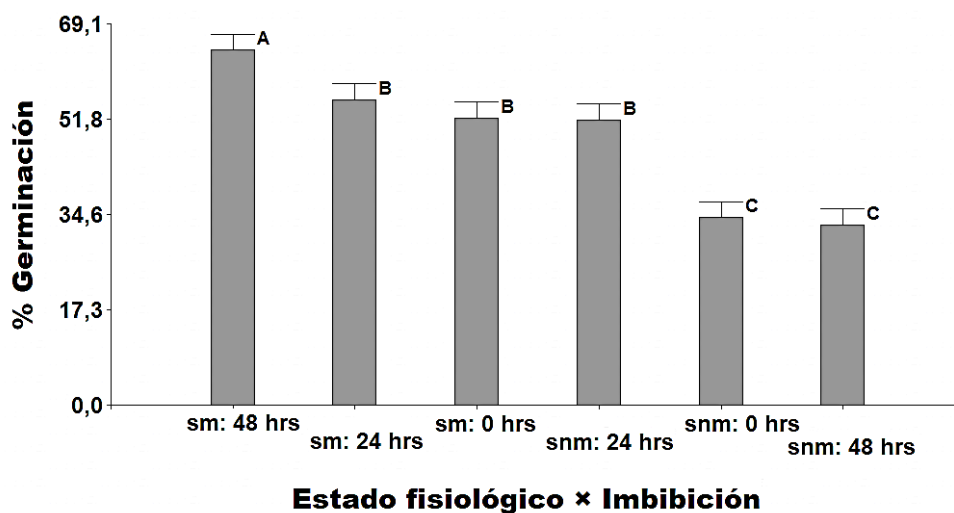


Fuente: Elaboración propia

**Figura 9.** Porcentaje de germinación de *Oreocallis grandiflora* evaluado durante cuatro semanas en dieciocho diferentes interacciones entre estado fisiológico × imbibición × sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

sm: semilla madura; snm: semilla no madura; hrs: horas; 1tn 1t: proporción 1 de tierra negra - 1 de turba; 3tn 1a: proporción 3 tierra negra - 1 arena; tn: tierra negra.

La germinación evaluada bajo la interacción de los factores estado fisiológico × imbibición presentó los mayores valores para (sm: 48hrs) semilla madura: 48 horas con 64,33 % (Figura 10). Los menores valores se registraron para dos tratamientos en los cuales fue común la semilla no madura. En estos tratamientos la germinación fue inferior al 34,0 % (Figura 10).

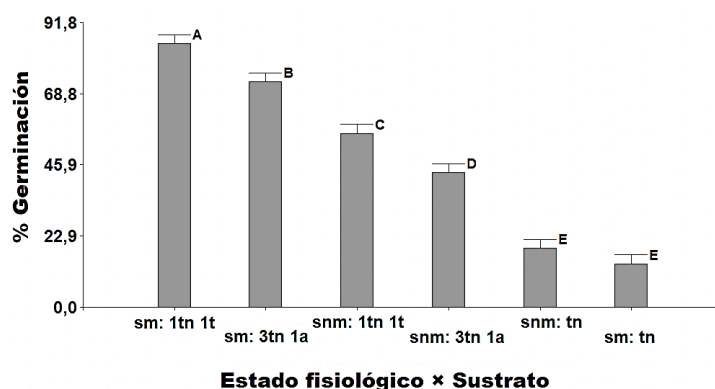


Fuente: Elaboración propia

**Figura 10.** Porcentaje de germinación de *Oreocallis grandiflora* evaluado durante cuatro semanas en seis diferentes interacciones entre estado fisiológico × imbibición. Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

sm: semilla madura; snm: semilla no madura; hrs: horas. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ).

La germinación evaluada bajo la interacción de los factores estado fisiológico × sustrato presentó los mayores valores para (sm: 1tn 1t) semilla madura: 1 tierra negra 1 turba con 85,0 % (Figura 11). Los menores valores se registraron en dos tratamientos en los cuales fue común la tierra negra. En estos tratamientos la germinación fue inferior al 19,0 % (Figura 11).

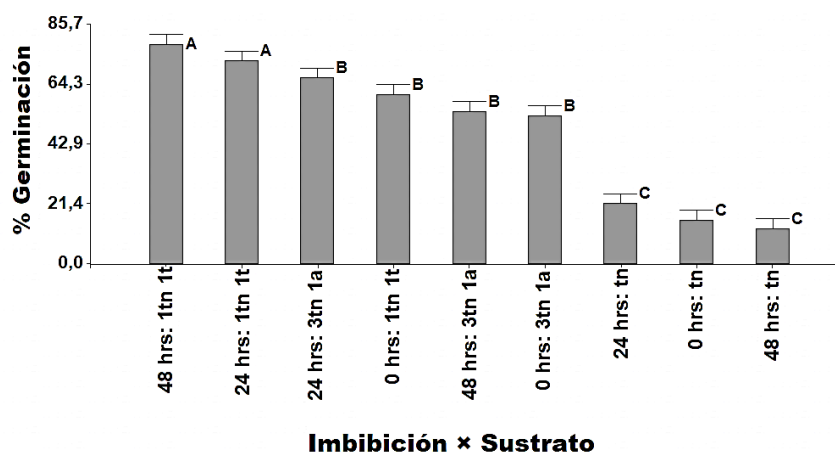


Fuente: Elaboración propia

**Figura 11.** Porcentaje de germinación de *Oreocallis grandiflora* evaluado durante cuatro semanas en seis diferentes interacciones entre estado fisiológico × sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

sm: semilla madura; snm: semilla no madura; 1tn 1t: proporción 1 de tierra negra - 1 de turba; 3tn 1a: proporción 3 tierra negra - 1 arena; tn: tierra negra.

La germinación evaluada bajo la interacción de los factores imbibición  $\times$  sustrato presentó los mayores valores para: (48hrs: 1tn 1t) 48 horas: 1 tierra negra - 1 turba con 78,5 % y (24hrs: 1tn 1t) 24 horas: 1 tierra negra 1 turba con 72,5 % (Figura 12). Los menores valores se registraron en tres tratamientos en los cuales fue común la tierra negra. En estos tratamientos la germinación fue inferior al 21,5 % (Figura 11).



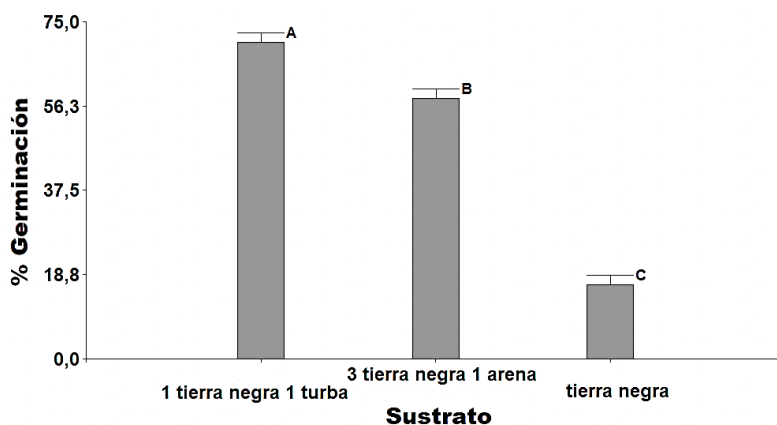
Fuente: Elaboración propia

**Figura 12.** Porcentaje de germinación de *Oreocallis grandiflora* evaluado durante cuatro semanas en nueve diferentes interacciones entre imbibición  $\times$  sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

hrs: horas; 1tn 1t: proporción 1 de tierra negra - 1 de turba; 3tn 1a: proporción 3 tierra negra - 1 arena; tn: tierra negra.

La germinación comparada entre sustratos presentó los mayores valores para el sustrato en proporciones: 1 de tierra negra - 1 turba con 70,5 % (Figura 12). Los menores valores fueron para el sustrato compuesto solo por tierra negra con 16,0 % (Figura 12).

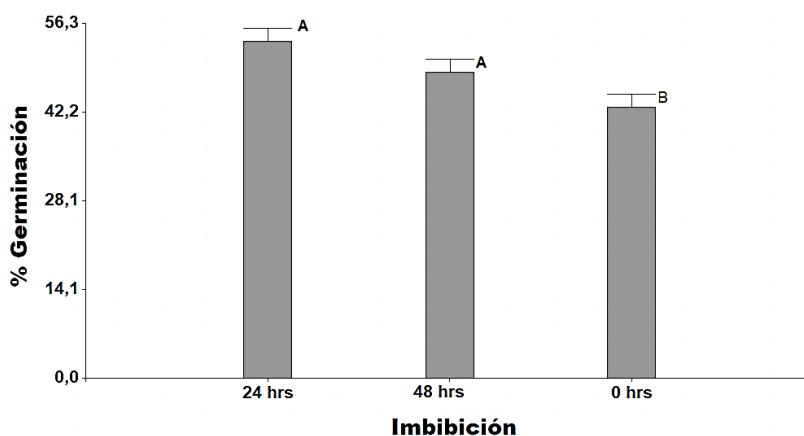




Fuente: Elaboración propia

**Figura 13.** Porcentaje de germinación de *Oreocallis grandiflora* evaluado durante cuatro semanas en tres diferentes sustratos. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

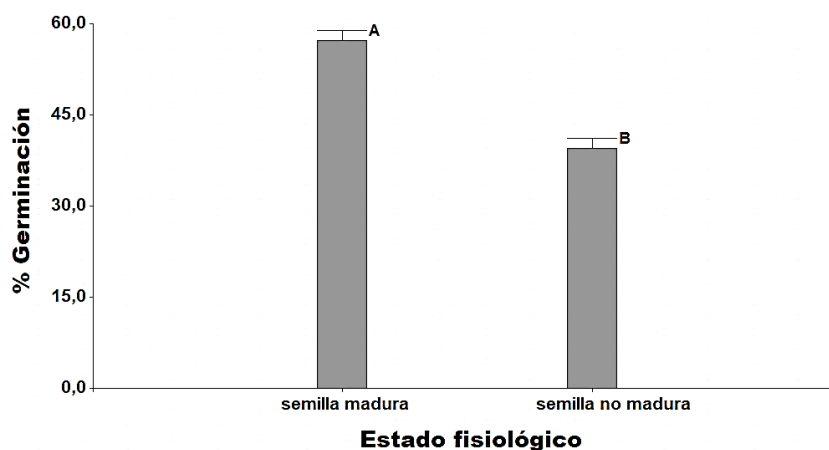
La germinación comparada entre niveles de imbibición presentó los mayores valores a las 24 horas con 53,5 % y 48 horas con 48,5 % (Figura 14). El menor valor se registró para las 0 horas con 43,0 % (Figura 14).



Fuente: Elaboración propia

**Figura 14.** Porcentaje de germinación de *Oreocallis grandiflora* evaluado durante cuatro semanas en tres periodos de imbibición. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

La germinación comparada entre estado fisiológico de la semilla presentó los mayores valores para la semilla madura con 57,2 %. El menor valor fue para la semilla no madura con 39,4 % (Figura 15).



Fuente: Elaboración propia

**Figura 15.** Porcentaje de germinación de *Oreocallis grandiflora* evaluado durante cuatro semanas en dos estados fisiológicos de la semilla. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

### 7.2.3. *Ocotea heterochroma* Mez & Sodiro

Todas las combinaciones o interacciones entre los factores: sustratos, estado fisiológico de la semilla e imbibición con sus diferentes niveles presentaron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0,05$ ) a excepción de la interacción estado fisiológico  $\times$  imbibición ( $P = 0,0722$ ) (Cuadro 3).

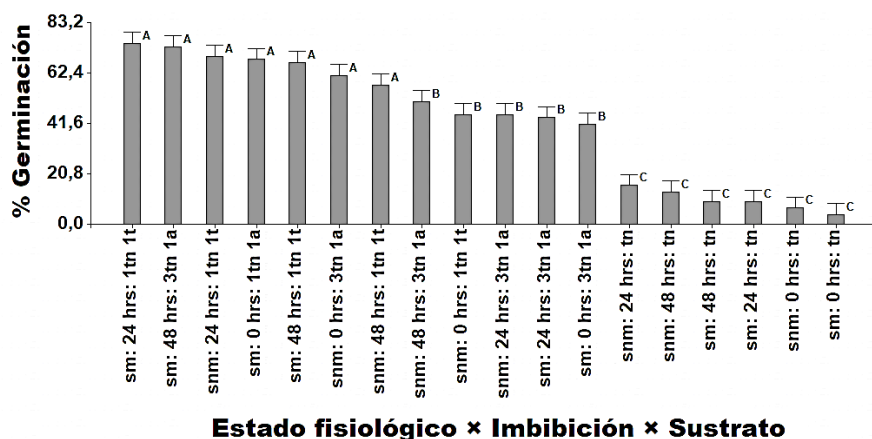
**Cuadro. 3** Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC) ( $P < 0,05$ ) en *Ocotea heterochroma*

Interacción	Valor F	Valor P < 0,05
Estado fisiológico $\times$ imbibición $\times$ sustrato	6,62	0,0005
Estado fisiológico $\times$ imbibición	2,84	0,0722
Estado fisiológico $\times$ sustrato	6,69	0,0035
Imbibición $\times$ sustrato	6,45	0,0006
Imbibición $\times$ sustrato	6,45	0,0006
Imbibición	5,09	0,0116
Sustrato	286,58	<0,0001

Fuente: Elaboración propia

La germinación evaluada bajo los factores estado fisiológico  $\times$  imbibición  $\times$  sustrato presentó los mayores valores para: (sm: 24hrs: 1tn 1t) semilla madura: 24 horas: 1 tierra negra 1 turba con 74,7 %, (sm: 48hrs: 3tn 1a) semilla madura: 48 horas: 3 tierra negra 1 arena con 73,3 %, (snm: 24hrs: 1tn 1t) semilla no madura: 24 horas: 1 tierra negra 1 turba con 69,3 %, (sm: 0hrs: 1tn 1t) semilla madura: 0 horas: 1 tierra negra 1 turba con

68,0 %, (sm: 48hrs: 1tn 1t) semilla madura: 48 horas: 1 tierra negra 1 turba con 66,7 %, (snm: 0hrs: 3tn 1a) semilla no madura: 0 horas: 3 tierra negra 1 arena con 61,3 %, (snm: 48hrs: 1tn 1t) semilla no madura: 48 horas: 1 tierra negra 1 turba con 57,3 % (Figura 16). Los menores valores se registraron en seis tratamientos en los cuales fue común la tierra negra. En estos tratamientos la germinación fue inferior a 16,0 % (Figura 16).

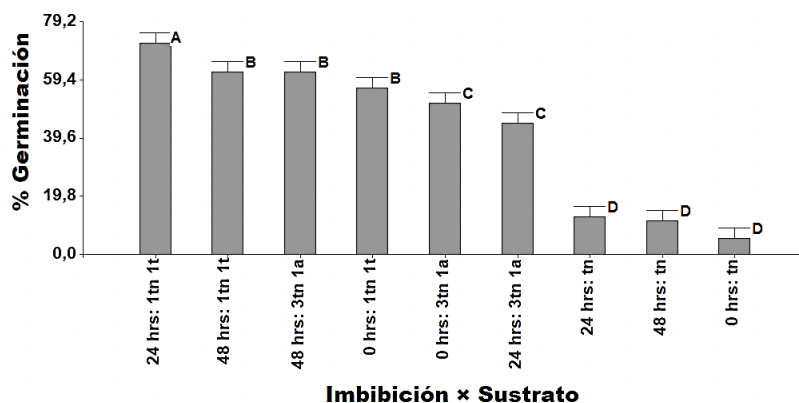


Fuente: Elaboración propia

**Figura 16.** Porcentaje de germinación de *Ocotea heterochroma* evaluado durante seis semanas en dieciocho interacciones entre estado fisiológico × imbibición × sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

sm: semilla madura; snm: semilla no madura; hrs: horas; 1tn 1t: proporción 1 de tierra negra - 1 de turba; 3tn 1a: proporción 3 tierra negra - 1 arena; tn: tierra negra.

La germinación evaluada bajo la interacción de los factores imbibición × sustrato presentó los mayores valores para: 24hrs: 1tn 1t) 24 horas: 1 tierra negra 1 turba con 72,0 % (Figura 17). Los menores valores se registraron en tres tratamientos en los cuales fue común la tierra negra. En estos tratamientos la germinación fue inferior al 12,6 % (Figura 17).

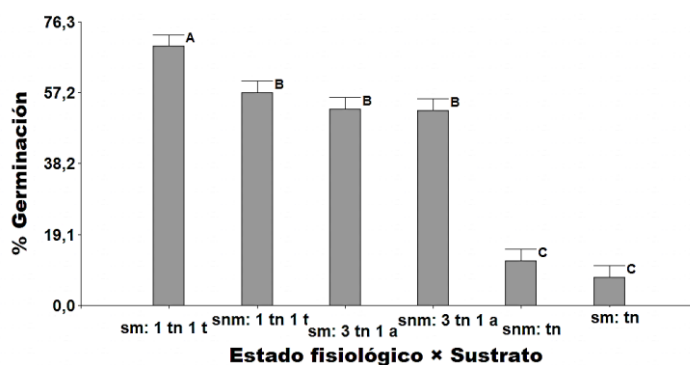


Fuente: Elaboración propia

**Figura 17.** Porcentaje de germinación de *Ocotea heterochroma* evaluado durante seis semanas en nueve diferentes interacciones entre imbibición x sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

hrs: horas; 1tn 1t: proporción 1 de tierra negra - 1 de turba; 3tn 1a: proporción 3 tierra negra - 1 arena; tn: tierra negra.

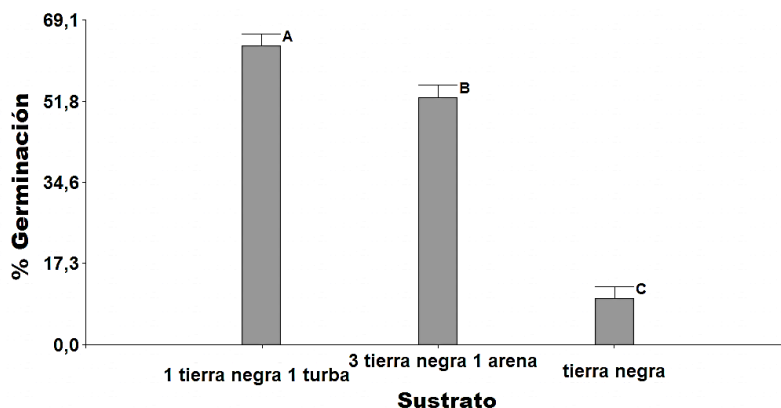
La germinación evaluada bajo la interacción de los factores estado fisiológico x sustrato presentó los mayores valores para (sm: 1tn 1t) semilla madura: 1 tierra negra 1 turba con 69,0 % (Figura 18). Los menores valores se registraron en dos tratamientos en los cuales fue común la tierra negra. En estos tratamientos la germinación fue inferior al 12,0 % (Figura 18).



**Figura 18.** Porcentaje de germinación de *Ocotea heterochroma* evaluado durante seis semanas en seis diferentes interacciones entre estado fisiológico x sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

sm: semilla madura; snm: semilla no madura; 1tn 1t: proporción 1 de tierra negra - 1 de turba; 3tn 1a: proporción 3 tierra negra - 1 arena; tn: tierra negra.

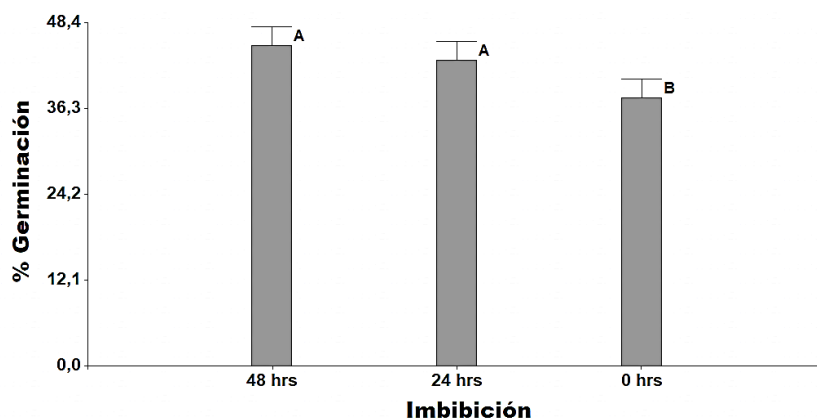
La germinación comparada entre sustratos presentó los mayores valores en el sustrato de proporciones 1 tierra negra - 1 turba con 63,6 % (Figura 19). Los menores valores fueron para el sustrato compuesto solamente por tierra negra con 9,8 % (Figura 19).



Fuente: Elaboración propia

**Figura 19.** Porcentaje de germinación de *Ocotea heterochroma* evaluado durante seis semanas en tres diferentes sustratos. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

La germinación comparada entre niveles de imbibición presentó los mayores valores a las 48 horas con 45,1 % y 24 horas con 43,11 % (Figura 20). El menor valor se registró a las 0 horas con 37,8% (Figura 20).



Fuente: Elaboración propia

**Figura 20.** Porcentaje de germinación de *Ocotea heterochroma* evaluado durante seis semanas en tres diferentes periodos de imbibición. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

#### 7.2.4. *Oreopanax andreanus* Marchal

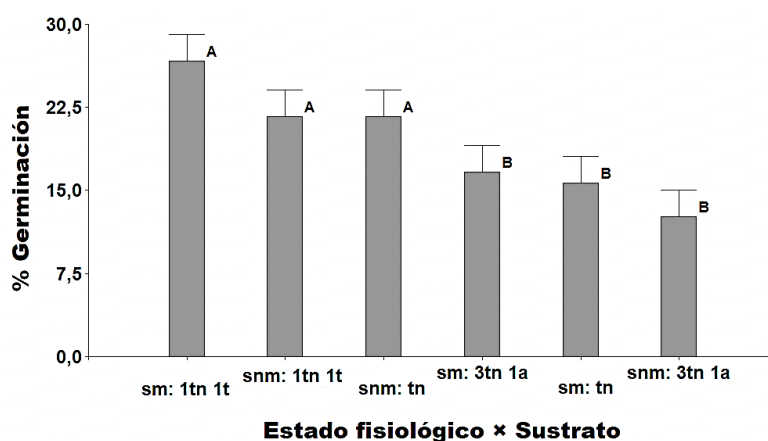
Todas las combinaciones o interacciones entre los factores: sustratos, estado fisiológico de la semilla e imbibición con sus diferentes niveles presentaron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0,05$ ) a excepción de las interacciones estado fisiológico  $\times$  imbibición ( $P = 0,054$ ); estado fisiológico  $\times$  imbibición ( $P = 0,7721$ ) y estado fisiológico ( $P = 0,6124$ ) (Cuadro 4).

**Cuadro. 4** Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC) ( $P < 0,05$ ) en *Oreopanax andreanus*

Interacción	Valor F	Valor $P < 0,05$
Estado fisiológico $\times$ imbibición $\times$ sustrato	2,5	0,054
Estado fisiológico $\times$ imbibición	0,26	0,7721
Estado fisiológico $\times$ sustrato	3,21	0,0488
Imbibición $\times$ sustrato	2,07	0,0978
Estado fisiológico	0,26	0,6124
Imbibición	7,34	0,0016
Sustrato	7,88	0,001

Fuente: Elaboración propia

La germinación evaluada bajo la interacción de los factores estado fisiológico  $\times$  sustrato presentó los mayores valores para: (sm: 1tn 1t) semilla madura: 1 tierra negra 1 turba con 26,67 %, (snm: 1tn 1t) semilla no madura: 1 tierra negra 1 turba con 21,67 %, (snm: tn) semilla no madura: tierra negra con 21,67 % (Figura 21). Los menores valores se registraron en tres tratamientos en los cuales fue común la tierra negra. En estos tratamientos la germinación fue inferior al % (Figura 21).



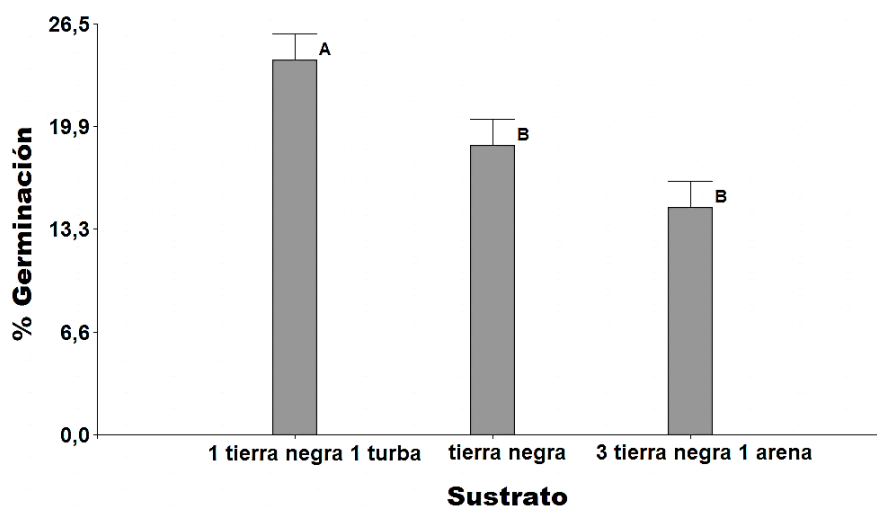
Fuente: Elaboración propia

**Figura 21.** Porcentaje de germinación de *Oreopanax andreanus* evaluado durante ocho semanas en seis diferentes interacciones entre estado fisiológico  $\times$  sustrato. Barras

verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

sm: semilla madura; snm: semilla no madura; 1tn 1t: proporción 1 de tierra negra - 1 de turba; 3tn 1t: proporción 3 tierra negra - 1 turba; tn: tierra negra.

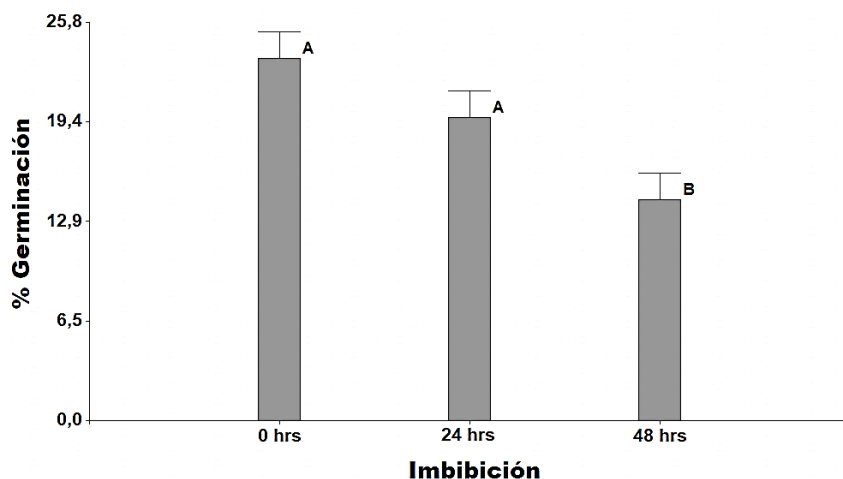
La germinación comparada entre sustratos registró los mayores valores en un sustrato de proporciones: 1 tierra negra - 1 de turba con 24,2 % (Figura 22). El menor valor fue para la combinación 3 tierra negra - 1 arena con 14,7 % (Figura 22).



Fuente: Elaboración propia

**Figura 22.** Porcentaje de germinación de *Oreopanax andreanus* evaluado durante ocho semanas en tres diferentes sustratos. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

La germinación comparada entre niveles de imbibición registró los mayores valores a las 0 horas con 23,5 % y 24 horas con 19,7 % (Figura 23). Los menores valores fueron para las 48 horas de imbibición con 14,3 % (Figura 23).



Fuente: Elaboración propia

**Figura 23.** Porcentaje de germinación de *Oreopanax andreanus* evaluado durante ocho semanas en tres diferentes periodos de imbibición. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

### 7.3. Crecimiento de plántulas

#### 7.3.1. *Myrcianthes rhopaloides* (Kunth) McVaugh

Para la altura final de crecimiento los factores y su interacción presentaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) (Cuadro 5).

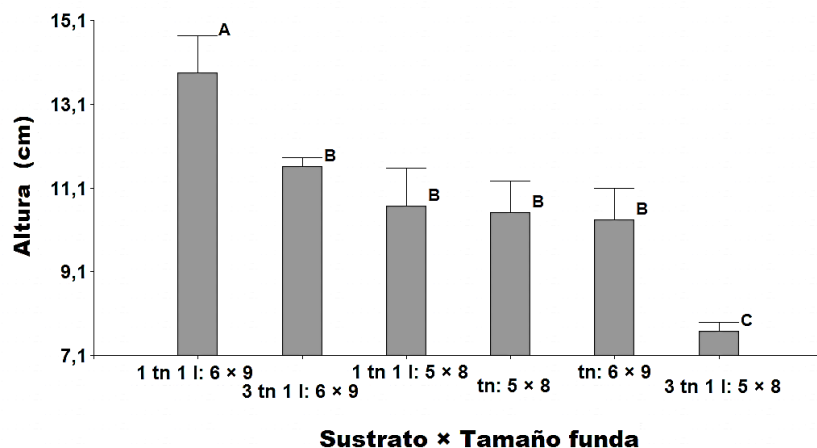
**Cuadro. 5.** Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves DGC ( $P < 0,05$ ) para altura final en *Myrcianthes rhopaloides*.

Factores	Valor F	Valor $P < 0,05$
Sustrato $\times$ Volumen funda	6,97	0,0057
Sustrato	8,82	0,0021
Volumen funda	17,02	0,0006

Fuente: Elaboración propia

La altura final evaluada bajo la interacción de los factores sustrato  $\times$  volumen de funda presentó los mayores valores para (1tn 1l: 6  $\times$  9) 1 tierra negra 1 limo-funda 6  $\times$  9 cm<sup>3</sup> 13,8 cm. Los menores valores fueron para (3tn 1l: 5  $\times$  8) 3 tierra negra 1 limo-funda 5 cm<sup>3</sup>  $\times$  8 cm<sup>3</sup> con un crecimiento de 7,7 cm. (Figura 24).



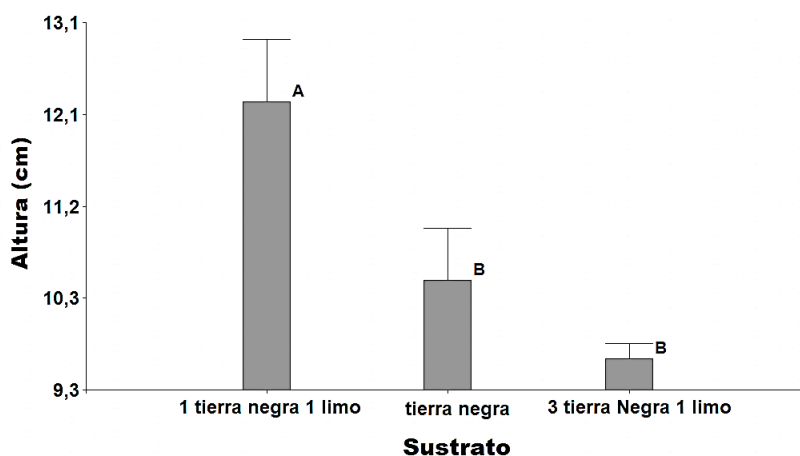


Fuente: Elaboración propia.

**Figura 24.** Promedios de altura final en *Myrcianthes rhopaloides* evaluado durante seis meses en seis diferentes interacciones entre sustrato x volumen de funda. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

1 tn 1 l: proporción 1 de tierra negra - 1 de limo; 3 tn 1 l: proporción 3 tierra negra - 1 limo; tn: tierra negra; 5 x 8: funda 5 cm<sup>3</sup> x 8 cm<sup>3</sup>; 6 x 9: funda 6 cm<sup>3</sup> x 9 cm<sup>3</sup>.

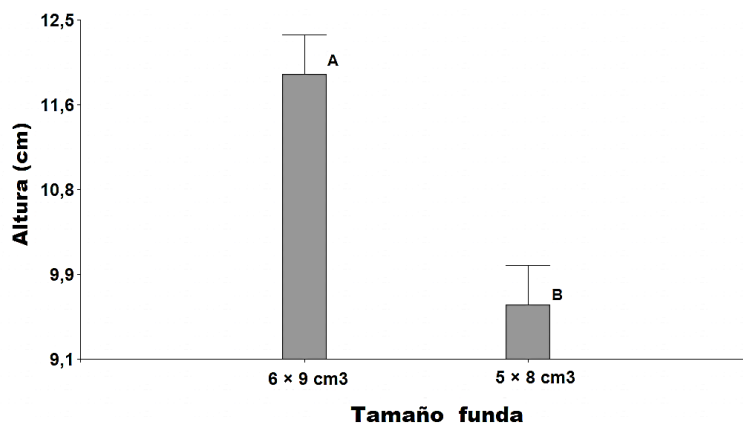
La altura final evaluada bajo el factor sustrato presentó los mayores valores para 1 de tierra negra-1 de limo con 12,2 cm (Figura 25). Los menores valores se registraron para: 3 tierra negra-1 limo con 9,6 cm (Figura 25).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 25.** Promedios de altura final en *Myrcianthes rhopaloides* evaluado durante seis meses en tres niveles de sustratos. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

La altura final evaluado bajo el factor volumen de funda presentó los mayores valores para la funda  $6 \times 9 \text{ cm}^3$  con 11,9 cm, mientras que el tamaño  $5 \times 8 \text{ cm}^3$  registro 9,6 cm (Figura 26).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 26.** Promedios de altura final en *Myrcianthes rhopaloides* evaluado durante seis meses en dos volúmenes de funda. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

Para la medición del diámetro final los factores y su interacción no presentaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) (Cuadro 6).

**Cuadro. 6** Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves DGC ( $P < 0,05$ ) para diámetro final en *Myrcianthes rhopaloides*.

Factores	Valor F	Valor P < 0,05
Sustrato $\times$ Volumen de funda	0,83	0,4508
Sustrato	1,41	0,2696
Volumen funda	3,07	0,0967

Fuente: Elaboración propia.

Para el número de hojas al final, los factores y su interacción no presentaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ).

**Cuadro. 7** Prueba de hipótesis marginales con el test DGC para número de hojas final en *Myrcianthes rhopaloides*.

Factores	Valor F	Valor P < 0,05
Sustrato × Volumen de funda	1,54	0,241
Sustrato	0,68	0,5171
Volumen funda	2,01	0,1737

Fuente: Elaboración propia.

### 7.3.2. *Oreocallis grandiflora* (Lam.) R. Br.

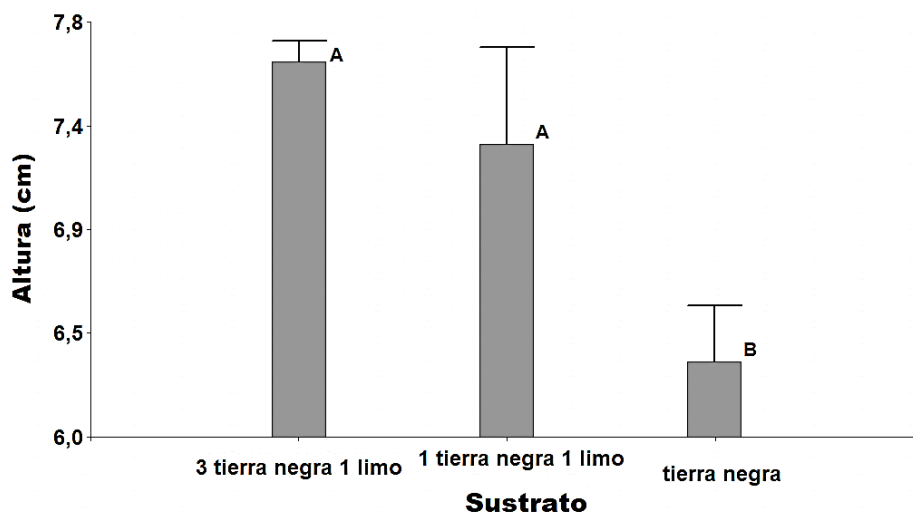
La altura al final de la medición y el factor sustrato presentaron diferencias significativas ( $P = 0,0004$ ) (Cuadro 8). No así el factor volumen de funda ( $P = 0,0672$ ) y la interacción sustrato × tamaño funda ( $P = 0,6609$ ) los cuales no presentaron diferencias significativas (Cuadro 8).

**Cuadro. 8.** Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves DGC ( $P < 0,05$ ) para crecimiento final en *Oreocallis grandiflora*.

Factores	Valor F	Valor P < 0,05
Sustrato × Volumen de funda	0,42	0,6609
Sustrato	12,5	0,0004
Volumen funda	3,79	0,0672

Fuente: Elaboración propia.

La altura al final evaluado bajo el factor sustrato presentó los mayores valores en el sustrato 3 tierra negra - 1 limo con 7,6 cm (Figura 27). El menor valor fue para el sustrato que contenía solamente tierra negra con 6,4 cm (Figura 27).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 27.** Promedios de altura final en *Oreocallis grandiflora* evaluado durante seis meses en tres niveles de sustratos. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

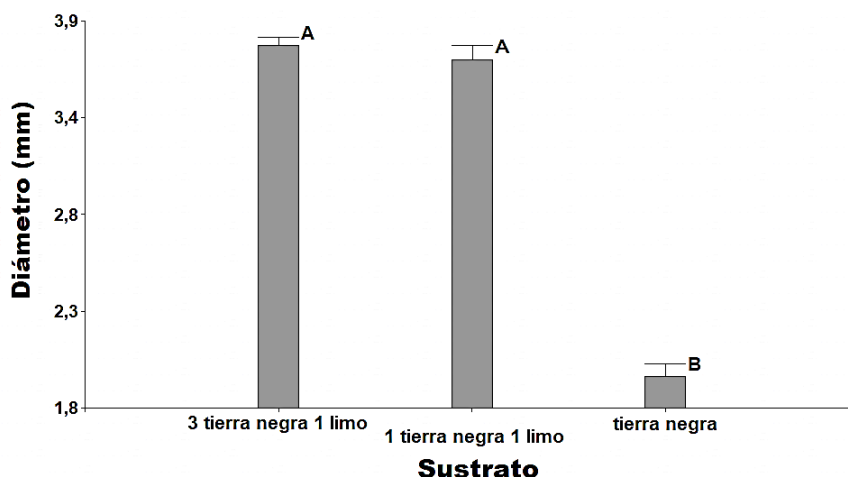
El diámetro al final de la medición evaluado bajo los factores sustrato y volumen de funda presentaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ). No así bajo la interacción sustrato  $\times$  tamaño de funda en donde no se presentó diferencias significativas ( $P = 0,5643$ ) (Cuadro 9).

**Cuadro. 9** Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves DGC ( $P < 0,05$ ) para diámetro final en *Oreocallis grandiflora*.

Factores	Valor F	Valor P < 0,05
Sustrato $\times$ Volumen funda	0,59	0,5643
Sustrato	256,86	< 0,0001
Volumen funda	6,11	0,0236

Fuente: Elaboración propia.

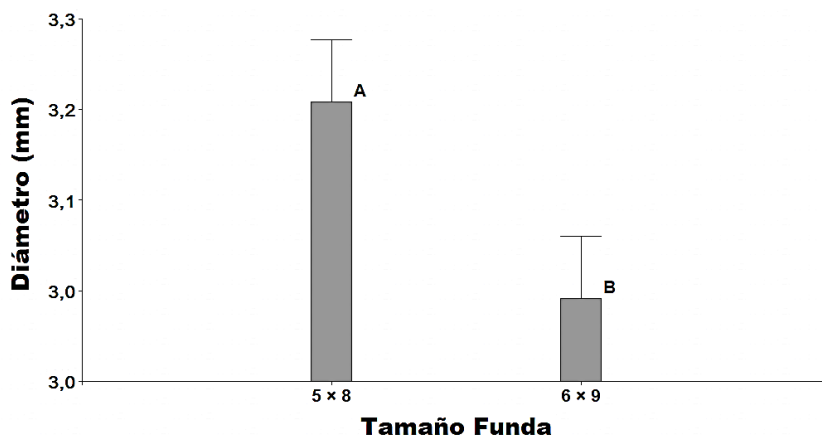
El diámetro al final de la medición evaluado bajo el factor sustrato presentó los mayores valores para: 3 tierra negra 1 limo con 3,75 cm y 1 tierra negra 1 limo con 3,67 cm (Figura 28). El menor valor fue para el sustrato que contenía solamente tierra negra con 1,95 cm (Figura 28).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 28.** Promedios del diámetro final en *Oreocallis grandiflora* evaluado durante seis meses en tres niveles de sustratos. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

El diámetro al final de la medición evaluado bajo el factor volumen de funda presentó los mayores valores para una funda de  $5 \text{ cm}^3 \times 8 \text{ cm}^3$  con 3,2, el menor valor se registró para una funda de  $6 \text{ cm}^3 \times 9 \text{ cm}^3$  con 3,0 cm (Figura 29).



Fuente: Elaboración propia

**Figura 29.** Promedios del diámetro final en *Oreocallis grandiflora* evaluado durante seis meses en dos volúmenes de funda. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

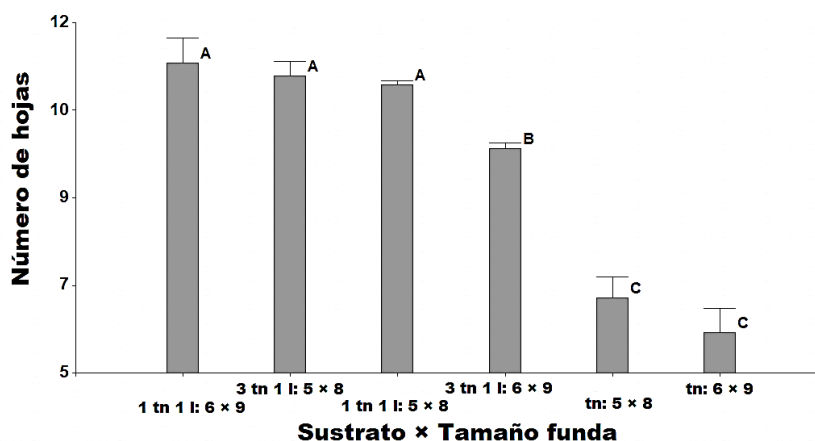
Para el número de hojas final los factores sustrato y volumen de funda presentaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). No así la interacción sustrato  $\times$  tamaño de funda ( $P = 0,5643$ ) que no presentó diferencias significativas (Cuadro 10).

**Cuadro. 10.** Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves DGC ( $P < 0,05$ ) para número de hojas final en *Oreocallis grandiflora*.

Factores	Valor F	Valor $P < 0,05$
Sustrato $\times$ Volumen funda	5,22	0,0163
Sustrato	79,51	$<0,0001$
Volumen funda	3,77	0,0678

Fuente: Elaboración propia.

El número de hojas final evaluado bajo la interacción sustrato  $\times$  volumen de funda presentó los mayores valores para tres tratamientos: (1tn 1l: 6  $\times$  9) 1 tierra negra 1 limo: funda 6  $\text{cm}^3 \times 9 \text{ cm}^3$  con 11,16 cm, (3tn 1l: 5  $\times$  8) 3 tierra negra 1 limo: funda 5  $\text{cm}^3 \times 8 \text{ cm}^3$  con 10,9 y (1tn 1l: 5  $\times$  8) 1 tierra negra 1 limo 5  $\text{cm}^3 \times 8 \text{ cm}^3$  con 10,72 cm (Figura 30). Los menores valores se registraron en dos tratamientos en los cuales fue común la tierra negra. En estos tratamientos la germinación fue inferior a 6,5 cm (Figura 30).

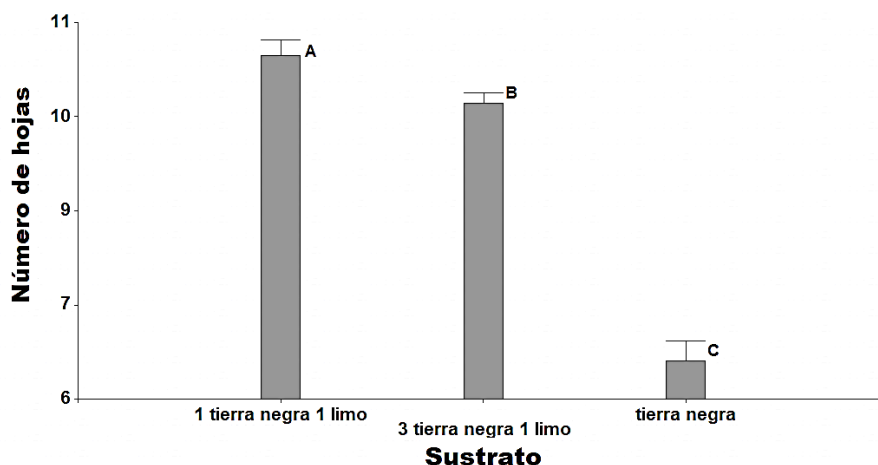


Fuente: Elaboración propia.

**Figura 30.** Promedios del número de hojas final de *Oreocallis grandiflora* evaluado durante seis meses en seis interacciones entre sustrato  $\times$  volumen de funda. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

1 tn 1 l: proporción 1 de tierra negra - 1 de limo; 3 tn 1 l: proporción 3 tierra negra - 1 limo; tn: tierra negra; 5  $\times$  8: funda 5  $\times$  8  $\text{cm}^3$ ; 6  $\times$  9: funda 6  $\times$  9  $\text{cm}^3$ .

El número de hojas final evaluado bajo el factor sustrato presentó los mayores valores para el tratamiento 1 tierra negra 1 limo con 10,9 cm (Figura 31). El menor valor fue para el sustrato de tierra negra con 6,2 cm (Figura 31).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 31.** Promedios del número de hojas final de *Oreocallis grandiflora* evaluado durante seis meses en tres niveles de sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

### 7.3.3. *Ocotea heterochroma* Mez & Sodiro

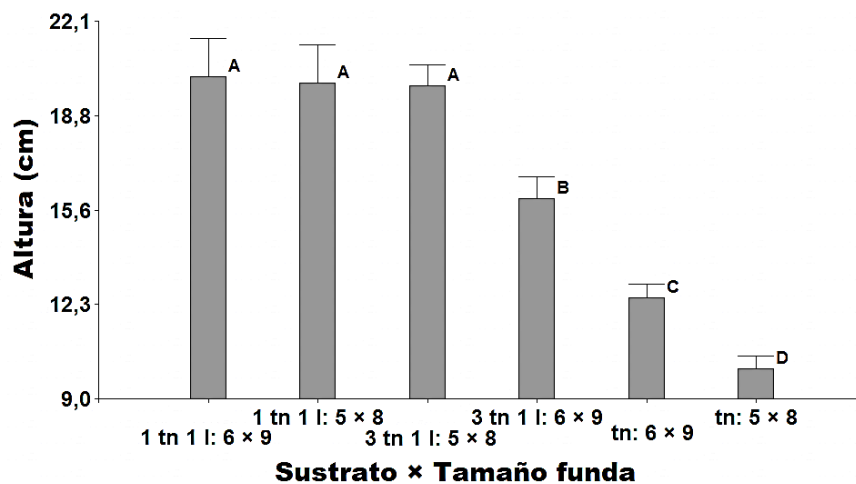
Para la altura final los factores y su interacción presentaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) (Cuadro 11).

**Cuadro. 11.** Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves DGC ( $P < 0,05$ ) para crecimiento final en *Ocotea heterochroma*.

Factores	Valor F	Valor P < 0,05
Sustrato × Volumen funda	13,7	0,0002
Sustrato	85,21	<0,0001
Volumen funda	0,29	0,5944

Fuente: Elaboración propia.

La altura final evaluada bajo la interacción sustrato × volumen de funda presentó los mayores valores para tres tratamientos: (1 tn 1 l: 6 × 9) 1 tierra negra 1 limo: funda de 6 cm<sup>3</sup> × 9 cm<sup>3</sup> con 20,2cm, (1 tn 1 l: 5 × 8) 1 tierra Negra 1 limo: funda de 5 cm<sup>3</sup> × 8 cm<sup>3</sup> con 19,9 cm y (3 tn 1 l: 5 × 8) 3 tierra negra 1 limo: funda de 5 cm<sup>3</sup> × 8 cm<sup>3</sup> con 19,9 cm (Figura 32). El menor valor fue para el sustrato de (tn: 5 × 8) tierra negra: funda de 5 cm<sup>3</sup> × 8 cm<sup>3</sup> con 10,0 cm (Figura 32).



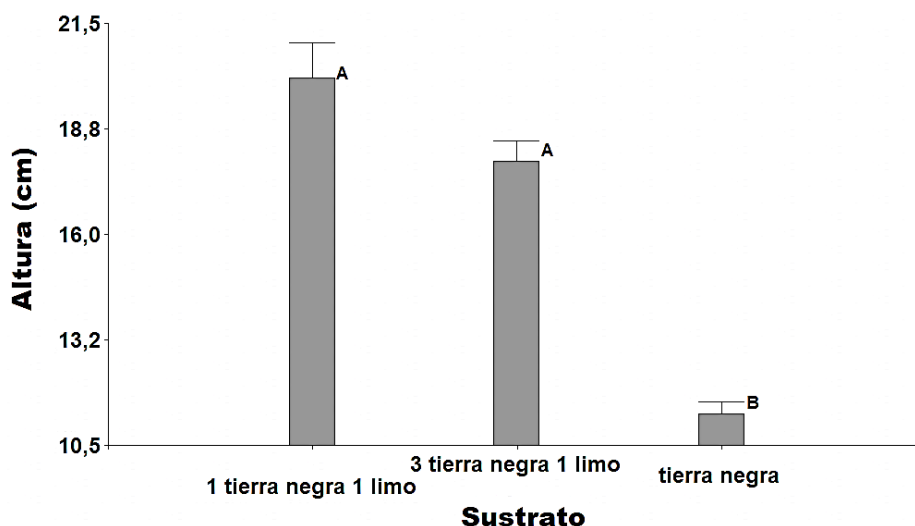
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 32.** Promedios de la altura final de *Ocotea heterochroma* evaluado durante seis meses en seis interacciones entre sustrato × volumen de funda. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

1 tn 1 l: proporción 1 de tierra negra - 1 de limo; 3 tn 1 l: proporción 3 tierra negra - 1 limo; tn: tierra negra; 5 × 8: funda 5 cm<sup>3</sup> × 8 cm<sup>3</sup>; 6 × 9: funda 6 cm<sup>3</sup> × 9 cm<sup>3</sup>.

La altura final evaluada bajo el factor sustrato presentó los mayores valores para dos tratamientos: 1 tierra negra 1 de limo con 20,1 cm y 3 tierra negra - 1 limo con 17,9 cm (Figura 33). El menor valor se registró para: tierra negra con 11,3 cm (Figura 33).





Fuente: Elaboración propia.

**Figura 33.** Promedios de altura final en *Ocotea heterochroma* evaluado durante seis meses en tres niveles de sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

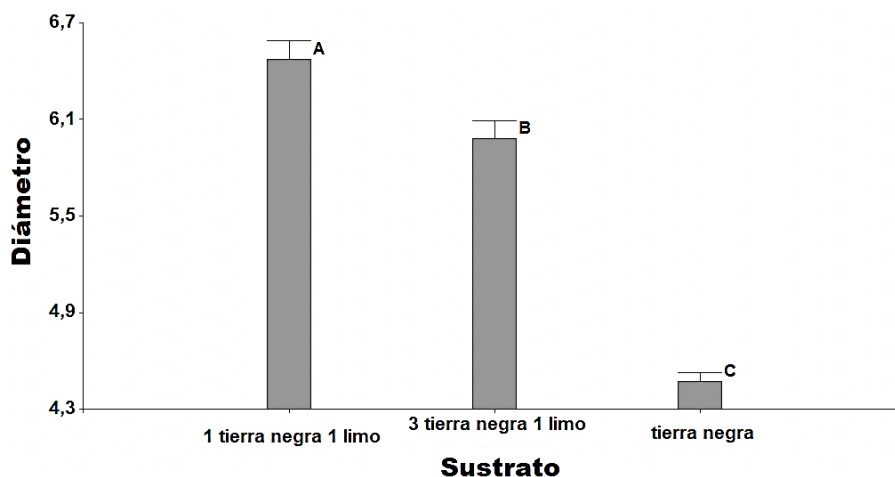
Para el diámetro en la medición final el factor sustrato y la interacción sustrato  $\times$  tamaño de funda presentaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ), No así el factor volumen de funda ( $P = 0,5855$ ) no presento diferencias significativas (Cuadro 12).

**Cuadro. 12** Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves DGC ( $P < 0,05$ ) para diámetro final en *Ocotea heterochroma*.

Factores	Valor F	Valor P < 0,05
Sustrato $\times$ Volumen funda	7,24	0,0049
Sustrato	159,37	<0,0001
Volumen funda	0,31	0,5855

Fuente: Elaboración propia.

El diámetro final evaluado bajo el factor sustrato presentó los mayores valores para el tratamiento 1 de tierra negra - 1 de limo con 6,5 cm (Figura 34). El menor valor fue para el sustrato que tenía solamente tierra negra con 4,4 cm (Figura 34).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 34.** Promedios del diámetro final de *Ocotea heterochroma* evaluado durante seis meses en tres niveles de sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

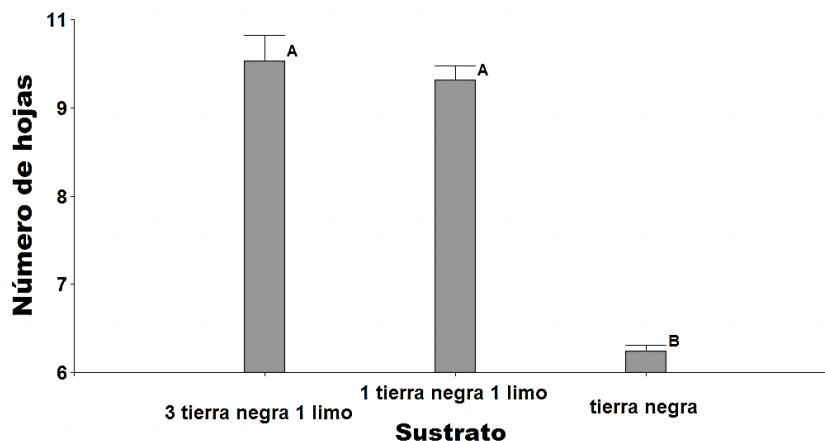
Para el número de hojas final los factores, sustrato y volumen de funda presentaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) (Cuadro 10). No así la interacción sustrato  $\times$  tamaño de funda ( $P = 0,7928$ ) que no presentó diferencias significativas (Cuadro 13).

**Cuadro. 13.** Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves DGC ( $P < 0,05$ ) para número de hojas final en *Ocotea heterochroma*.

Factores	Valor F	Valor P < 0,05
Sustrato $\times$ Tamaño funda	0,24	0,7928
Sustrato	198,83	<0,0001
Tamaño funda	12,26	0,0025

Fuente: Elaboración propia.

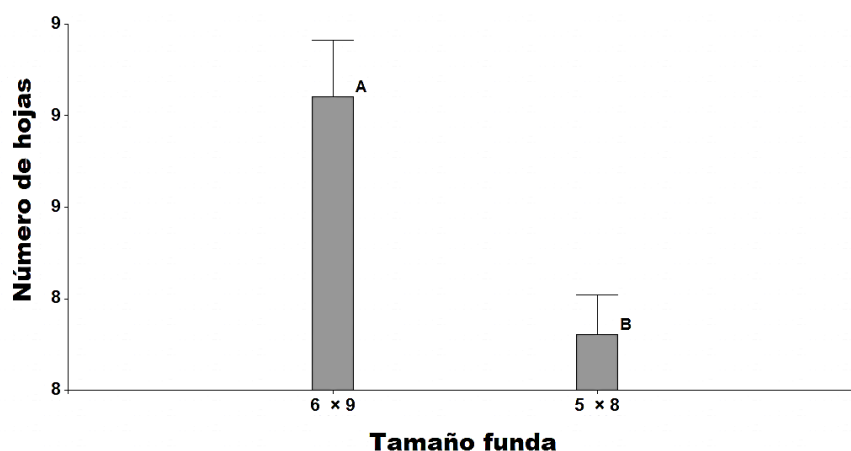
El número de hojas final evaluado bajo el factor sustrato presentó los mayores valores para dos tratamientos: 3 tierra negra 1 limo con 10,0 cm y 1 tierra negra 1 limo con 9,7 cm (Figura 35). El menor valor fue para el sustrato que tenía solamente tierra negra con 5,8 cm (Figura 35).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 35.** Promedios del número de hojas final en *Ocotea heterochroma* evaluado durante seis meses en tres niveles de sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

El número de hojas final evaluado bajo el factor volumen de funda presentó los mayores valores para la funda  $6 \text{ cm}^3 \times 9 \text{ cm}^3$  con 9,1 cm (Figura 36). El menor valor se registró en la funda de  $5 \text{ cm}^3 \times 8 \text{ cm}^3$  con 8,0 cm (Figura 36).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 36.** Promedios del número de hojas final en *Ocotea heterochroma* evaluado durante seis meses en dos volúmenes de funda. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

#### 7.3.4. *Oreopanax andreanus* Marchal

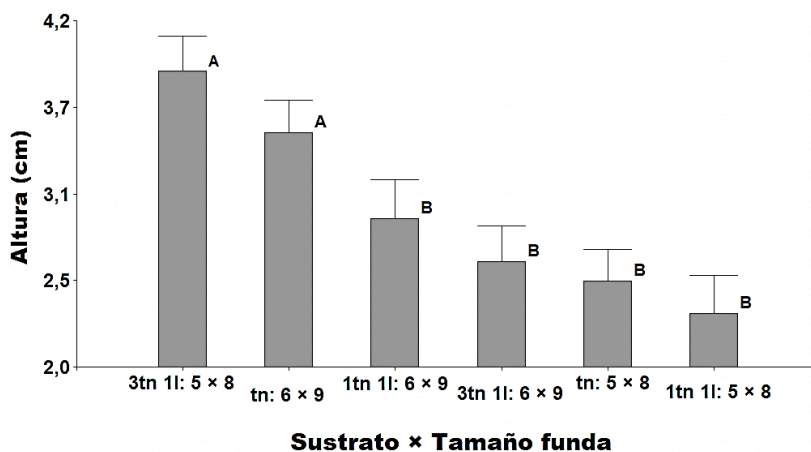
Para la medición final de la altura, el factor sustrato y la interacción sustrato  $\times$  volumen de funda presentaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). No así el factor tamaño de funda ( $P = 0,5466$ ) que no registró diferencias significativas (Cuadro 14).

**Cuadro. 14** Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves DGC ( $P < 0,05$ ) para crecimiento final en *Ocotea heterochroma*.

Factores	Valor F	Valor $P < 0,05$
Sustrato $\times$ Volumen funda	14,3	0,0002
Sustrato	3,63	0,0472
Volumen funda	0,38	0,5466

Fuente: Elaboración propia.

La altura final evaluada bajo la interacción sustrato  $\times$  volumen de funda presentó los mayores valores para dos tratamientos: (3tn 1l: 5 $\times$ 8) 3 tierra negra - 1 limo: funda 5 cm<sup>3</sup>  $\times$  8 cm<sup>3</sup> con 3,9 cm; y (tn: 6 $\times$ 9) tierra negra: funda 6 cm<sup>3</sup>  $\times$  9 cm<sup>3</sup> con 3,5 cm (Figura 37). Los menores valores se registraron en cuatro tratamientos en los cuales fue común la tierra negra. En estos tratamientos el crecimiento fue inferior a 2,9 cm (Figura 37).

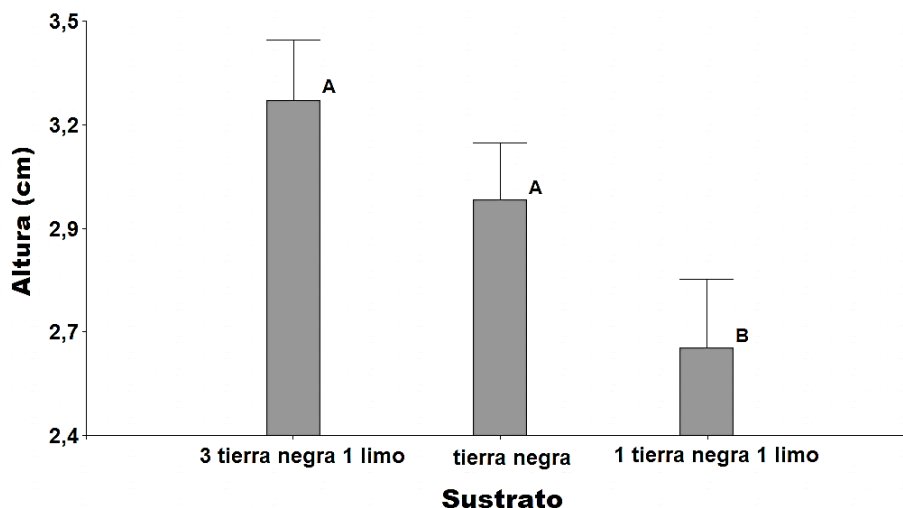


Fuente: Elaboración propia.

**Figura 37.** Promedios de altura final en *Oreopanax andreanus* evaluado durante seis meses en seis diferentes interacciones entre sustrato  $\times$  volumen de funda. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

1tn 1l: proporción 1 de tierra negra - 1 de limo; 3tn 1l: proporción 3 tierra negra - 1 limo; tn: tierra negra; 5  $\times$  8: funda 5 cm<sup>3</sup>  $\times$  8 cm<sup>3</sup>; 6  $\times$  9: funda 6 cm<sup>3</sup>  $\times$  9 cm<sup>3</sup>.

El crecimiento final evaluado bajo el factor sustrato presentó los mayores valores para dos tratamientos: 3 de tierra negra 1 de limo con 3,3 cm y tierra negra con 3,0 cm, mientras que el menor valor se registró para: 1 tierra negra 1 limo con 2,7 cm (Figura 38).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 38.** Promedios de altura final en *Oreopanax andreanus* evaluado durante seis meses en tres diferentes niveles de sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

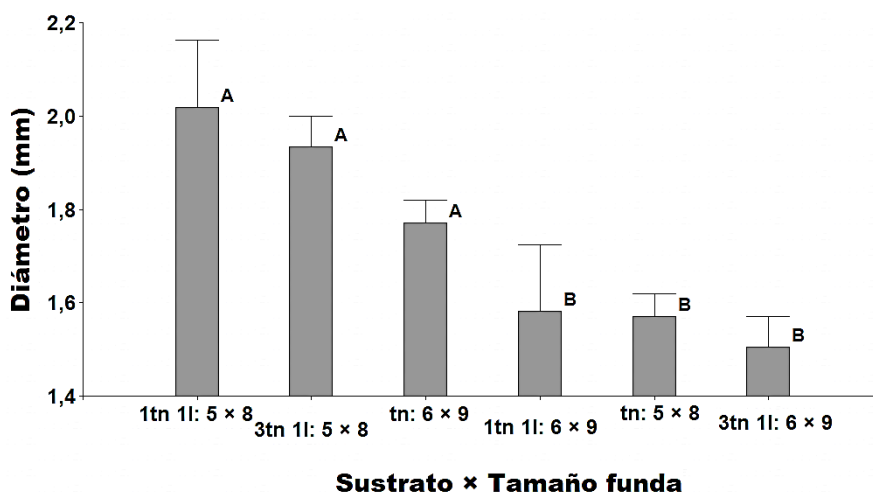
Para el diámetro final, los factores y su interacción presentaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) (Cuadro 15).

**Cuadro. 15** Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves DGC ( $P < 0,05$ ) para diámetro final en *Ocotea heterochroma*.

Factores	Valor F	Valor P < 0,05
Sustrato × Volumen funda	15,09	0,0001
Sustrato	0,87	0,4357
Volumen funda	8,51	0,0092

Fuente: Elaboración propia.

El diámetro final evaluado bajo la interacción sustrato × volumen de la funda presentó los mayores valores para tres tratamientos: (1tn 1l: 5×8) 1 tierra negra 1 limo: funda 5 cm<sup>3</sup> × 8 cm<sup>3</sup> con 2,1 cm; (3tn 1l: 5×8) 3 tierra negra 1 limo: funda 5 cm<sup>3</sup> × 8 cm<sup>3</sup> con 1,9 cm y (tn: 6×9) tierra negra: funda 6 cm<sup>3</sup> × 9 cm<sup>3</sup> con 1,7 cm (Figura 39). Los menores valores se registraron para tres tratamientos en los que fue común la tierra negra. En estos tratamientos el crecimiento fue inferior a 1,5 cm (Figura 39).

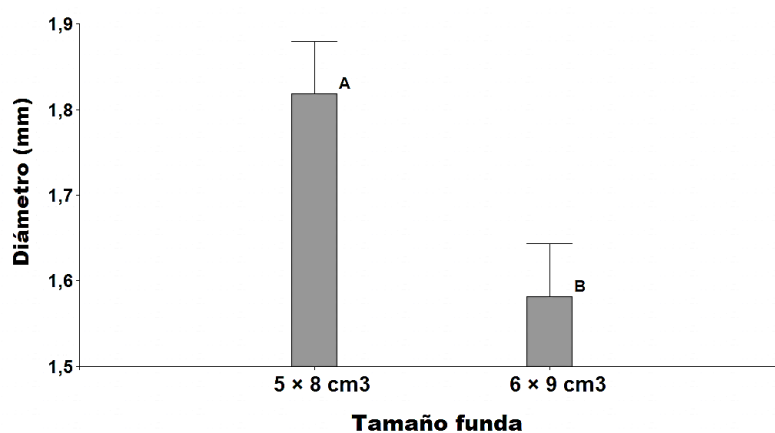


Fuente: Elaboración propia.

**Figura 39.** Promedios del diámetro final de *Oreopanax andreas* evaluado durante seis meses en seis diferentes interacciones entre sustrato × volumen de funda. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

1tn 1l: proporción 1 de tierra negra - 1 de limo; 3tn 1l: proporción 3 tierra negra - 1 limo; tn: tierra negra; 5 × 8: funda 5 cm × 8 cm; 6 × 9: funda 6 cm × 9 cm.

El diámetro al final de la medición evaluado bajo el factor volumen de funda presentó el mejor tratamiento en la funda 5 cm<sup>3</sup> × 8 cm<sup>3</sup> con 1,8 cm, mientras que el menor valor se registró para: funda 6 cm<sup>3</sup> × 9 cm<sup>3</sup> con 1,5 cm (Figura 40).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 40.** Promedios de diámetro final de *Oreopanax andreas* evaluado durante seis meses en dos volúmenes de funda. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

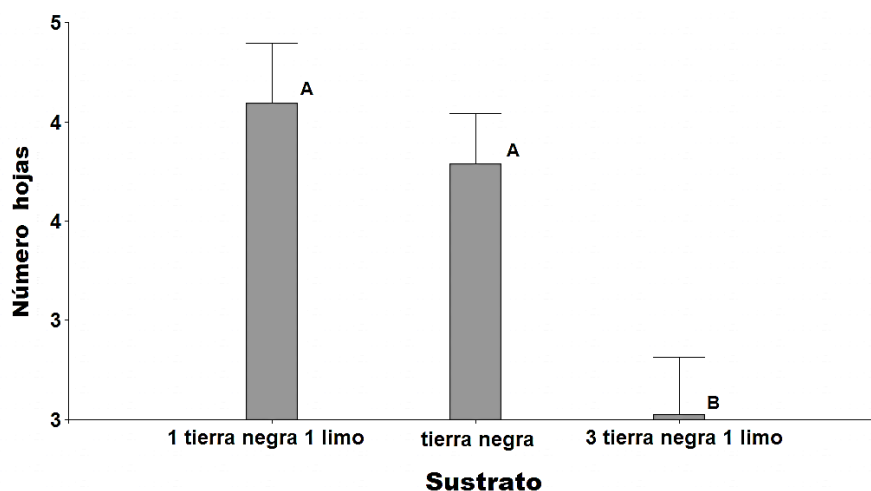
Para el número de hojas al final de la medición, el factor sustrato presentó diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). No así, el factor volumen de funda ( $P = 0,2556$ ) y la interacción sustrato  $\times$  tamaño de funda ( $P = 0,0993$ ) que no presentaron significancias estadísticas (Cuadro 16).

**Cuadro. 16** Prueba de hipótesis marginales con el test Di Rienzo, Guzmán y Casanoves DGC ( $P < 0,05$ ) para número de hojas final en *Ocotea heterochroma*.

Factores	Valor F	Valor $P < 0,05$
Sustrato $\times$ Volumen funda	2,63	0,0993
Sustrato	8,08	0,0031
Volumen funda	1,38	0,2556

Fuente: Elaboración propia.

Para el número de hojas al final de la medición evaluado bajo el factor sustrato presentó los mayores valores en dos tratamientos: 1 de tierra negra 1 de limo con 4 hojas y tierra negra con 4 hojas, mientras que el menor valor se registró para: 3 tierra negra 1 limo con 3 hojas (Figura 41).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 41.** Promedios del número de hojas de *Oreopanax andreanus* evaluado durante seis meses en tres diferentes niveles de sustrato. Barras verticales indican el error estándar ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

## 7.4. Biomasa aérea y subterránea

### 7.4.1. *Myrcianthes rhopaloides* (Kunth) McVaugh

La biomasa (Tabla 10) varió entre tratamientos de 0,21 a 0,96 g en la biomasa aérea (hojas y tallo) y de 0,59 a 3,02 g en biomasa subterránea (raíz). Los valores más altos para biomasa subterránea fueron registrados en la interacción 1 tierra negra - 1 limo  $\times$  funda de 6 cm  $\times$  9 cm ( $0,96 \pm 1,03$  g); el menor se registró en la interacción tierra negra  $\times$  funda de 5 cm  $\times$  8 cm ( $0,21 \pm 0,04$  g). Mientras que para la biomasa aérea el mayor valor se registró en 3 tierra negra - 1 limo  $\times$  funda de 6 cm  $\times$  9 cm ( $3,02 \pm 0,72$  g) y el menor valor se dio en 3 tierra negra - 1 limo  $\times$  funda de 5 cm  $\times$  8 cm ( $0,59 \pm 0,19$  g) (Tabla 10).

**Tabla 8.** Promedio  $\pm$  desviación estándar de biomasa aérea y subterránea en *Myrcianthes rhopaloides*.

Sustrato	Tamaño funda (cm)	Biomasa subterránea (raíz)	Biomasa aérea (tallo y hojas)
1 tierra negra 1 limo	5 $\times$ 8	$0,31 \pm 0,16$	$0,91 \pm 0,11$
1 tierra negra 1 limo	6 $\times$ 9	$0,96 \pm 1,03$	$2,05 \pm 1,37$
3 tierra negra 1 limo	5 $\times$ 8	$0,23 \pm 0,17$	$0,59 \pm 0,19$
3 tierra negra 1 limo	6 $\times$ 9	$0,54 \pm 0,19$	$3,02 \pm 0,72$
tierra negra	5 $\times$ 8	$0,21 \pm 0,04$	$1,11 \pm 0,15$
tierra negra	6 $\times$ 9	$0,27 \pm 0,1$	$0,77 \pm 0,25$

Fuente: Elaboración propia.

### 7.4.2. *Oreocallis grandiflora* (Lam.) R. Br.

La biomasa (Tabla 11) varió entre tratamientos de 0,46 a 1,75 g para biomasa subterránea (raíz) y de 1,43 a 2,13 g en biomasa aérea (tallo y hojas). Los valores más altos para biomasa subterránea fueron registrados en la interacción 1 tierra negra - 1 limo  $\times$  funda de 5 cm  $\times$  8 cm ( $1,75 \pm 0,56$  g) y el menor valor en la interacción tierra negra  $\times$  funda de 6 cm  $\times$  9 cm ( $0,46 \pm 0,37$  g). Para la biomasa aérea el mayor valor se registró en 1 tierra negra 1 limo  $\times$  funda de 5 cm  $\times$  8 cm ( $2,13 \pm 0,61$  g) y el menor valor se registró en 3 tierra negra - 1 limo  $\times$  funda de 5 cm  $\times$  8 cm ( $1,43 \pm 0,75$  g) (Tabla 11).



**Tabla 9.** Promedio  $\pm$  desviación estándar de biomasa aérea y subterránea en *Oreocallis grandiflora*.

Sustrato	Tamaño funda (cm)	Biomasa subterránea (raíz)	Biomasa aérea (tallo y hojas)
1 tierra negra 1 limo	5 $\times$ 8	1,75 $\pm$ 0,56	2,13 $\pm$ 0,61
1 tierra negra 1 limo	6 $\times$ 9	1,56 $\pm$ 0,47	1,52 $\pm$ 0,57
3 tierra negra 1 limo	5 $\times$ 8	1,52 $\pm$ 0,45	1,91 $\pm$ 0,29
3 tierra negra 1 limo	6 $\times$ 9	1,49 $\pm$ 0,67	1,43 $\pm$ 0,75
tierra negra	5 $\times$ 8	0,55 $\pm$ 0,25	1,54 $\pm$ 0,52
tierra negra	6 $\times$ 9	0,46 $\pm$ 0,37	1,48 $\pm$ 0,53

Fuente: Elaboración propia.

#### 7.4.3. *Ocotea heterochroma* Mez & Sodiro

La biomasa subterránea (raíz) y aérea (tallo y hojas) (Tabla 12) varió entre tratamientos de 9,33 a 10,25 g para biomasa subterránea y de 10,13 a 10,45 g en biomasa aérea. Los valores más altos para biomasa subterránea fueron registrados en la interacción 3 tierra negra - 1 limo  $\times$  funda de 5 cm  $\times$  8 cm (10,25  $\pm$  2,5 g) y el menor valor en la interacción 1 tierra negra - 1 limo  $\times$  funda de 6 cm  $\times$  9 cm (8,84  $\pm$  1,68 g). Para la biomasa aérea el mayor valor se registró en 3 tierra negra - 1 limo  $\times$  funda de 6 cm  $\times$  9 cm (10,36  $\pm$  3,47 g) y el menor valor se registró en 1 tierra negra - 1 limo  $\times$  funda de 6 cm  $\times$  9 cm (10,13  $\pm$  1,65 g) (Tabla 12).

**Tabla 10.** Promedio  $\pm$  desviación estándar de biomasa aérea y subterránea en *Ocotea heterochroma*

Sustrato	Tamaño funda (cm)	Biomasa subterránea (raíz)	Biomasa aérea (tallo y hojas)
1 tierra negra 1 limo	5 $\times$ 8	9,52 $\pm$ 2,22	10,22 $\pm$ 2,23
1 tierra negra 1 limo	6 $\times$ 9	8,84 $\pm$ 1,68	10,13 $\pm$ 1,65
3 tierra negra 1 limo	5 $\times$ 8	10,25 $\pm$ 2,5	10,14 $\pm$ 2,07
3 tierra negra 1 limo	6 $\times$ 9	9,77 $\pm$ 1,4	10,36 $\pm$ 3,47
tierra negra	5 $\times$ 8	9,33 $\pm$ 1,26	10,21 $\pm$ 0,76
tierra negra	6 $\times$ 9	10,01 $\pm$ 0,98	10,45 $\pm$ 1,46

Fuente: Elaboración propia.

#### 7.4.4. *Oreopanax andreanus* Marchal

La biomasa subterránea (raíz) y aérea (hojas y tallo) varió entre tratamientos de 0,01 a 0,21 g para biomasa subterránea y de 0,03 a 1,03 g en biomasa aérea (Tabla 13). Los valores más altos para biomasa subterránea fueron registrados en la interacción tierra negra  $\times$  funda de 5 cm  $\times$  8 cm ( $0,21 \pm 0,13$  g) y el menor valor en la interacción 3 tierra negra - 1 limo  $\times$  6 cm  $\times$  9 cm ( $0,01 \pm 0$  g). Para la biomasa aérea el mayor valor se registró en 1 tierra negra - 1 limo  $\times$  funda de 6 cm  $\times$  9 cm ( $1,03 \pm 0,11$  g), y el menor valor se registró en 3 tierra negra - 1 limo  $\times$  funda de 6 cm  $\times$  9 cm ( $0,03 \pm 0,03$  g) (Tabla 13).

**Tabla 11.** Promedio  $\pm$  desviación estándar de biomasa aérea y subterránea en *Oreopanax andreanus*.

Sustrato	Tamaño funda (cm)	Biomasa subterránea (raíz)	Biomasa aérea (tallo y hojas)
1 tierra negra 1 limo	5 $\times$ 8	$0,07 \pm 0,07$	$0,38 \pm 0,14$
1 tierra negra 1 limo	6 $\times$ 9	$0,21 \pm 0,1$	$1,03 \pm 0,11$
3 tierra negra 1 limo	5 $\times$ 8	$0,02 \pm 0,03$	$0,04 \pm 0,03$
3 tierra negra 1 limo	6 $\times$ 9	$0,01 \pm 0$	$0,03 \pm 0,03$
tierra negra	5 $\times$ 8	$0,2 \pm 0,13$	$0,91 \pm 0,56$
tierra negra	6 $\times$ 9	$0,06 \pm 0,07$	$0,34 \pm 0,31$

Fuente: Elaboración propia.

## 8. DISCUSIÓN

El mayor porcentaje de germinación en *M. rhopaloides* evaluado bajo el factor sitio fue registrado en semilla del bosque de Llaviuco en comparación con el bosque de Mazan. Esto posiblemente puede explicarse debido a la variabilidad genética que puede existir entre las dos poblaciones. Estos resultados no son similares a los obtenidos por Ortega y Guanuche (2016) quienes evaluaron el porcentaje de germinación en semillas de esta misma especie en la misma zona de estudio. Estos autores demostraron que las semillas de *M. rhopaloides* no presentan diferencias marcadas debido a la cercanía de los dos bosques, lo que haría pensar que son de una misma procedencia.

El porcentaje de germinación en *O. heterochroma* y *O. andreanus* no presentó dependencia con el estado fisiológico de la semilla. El comportamiento de estas especies puede deberse a que en los dos estados fisiológicos el embrión se halla en estado de vida

latente y tiene la capacidad de germinar sin estar influenciada por la fisiología que presente (De la Cuadra, 1992). Estos resultados son similares a lo reportado por Pérez *et al.* (2005) quienes no mostraron diferencias en la viabilidad inicial de semillas maduras e inmaduras de *Thrinax radiata*.

Para *O. grandiflora* los mayores valores de germinación se registraron en semilla madura en comparación con semilla no madura. Estos resultados son parcialmente similares a los reportados por Briceño y Maciel (2004) los cuales mencionan que el embrión de especies forestales en estado maduro alcanza su vigor total y puede desarrollarse de mejor manera en comparación con semillas que no hayan alcanzado un estado fisiológico adecuado para emerger (semilla no madura).

Las especies *M. rhopaloides*, *O. grandiflora* y *O. heterochroma* evaluadas bajo el factor imbibición registraron los mayores porcentajes de germinación a las 48 y 24 horas en comparación con 0 horas. Para *O. andreanus* los mayores valores de germinación se registraron a las 0 horas. El comportamiento de las tres primeras especies podría deberse a la influencia que ejerce el agua en la velocidad de germinación en semillas que presenten algún tipo de dormancia o factores intrínsecos que afecten el normal proceso germinativo de la semilla (CATIE, 2000). En estos casos parece ser que el remojo intensifica la actividad respiratoria, que resulta en la producción de energía y permite degradar las sustancias de reserva lo que favorece al crecimiento del eje embrionario (Osuna *et al.*, 2016). El bajo porcentaje de germinación en *O. andreanus* a las 24 y 48 horas estaría relacionado con la dureza de la testa de la semilla la que no dejaría que el agua penetrara fácilmente para romper la dormancia del embrión. Este resultado es consistente con lo manifestado con Minga y Verdugo (2016) quienes recomiendan colocar el fruto de *O. andreanus* en agua durante 7 días con el fin de facilitar la extracción de la semilla y obtener mayores porcentajes germinativos.

Respecto al factor sustrato los mayores porcentajes de germinación se registraron para la combinación de dos sustratos: 1 tierra negra - 1 turba y 3 tierra negra - 1 arena, a diferencia del tratamiento testigo (tierra negra) que presentó los menores resultados para las cuatro especies analizadas. El desarrollo germinativo de las semillas bajo estos sustratos posiblemente corresponda a que la mezcla de materiales orgánicos (turba) e inorgánicos (tierra negra y arena) incrementa la porosidad y capacidad de retención de agua, lo que contribuirá con la disponibilidad de nutrientes, pH óptimo, humedad y

textura que permitirán mejorar la germinación como lo afirman Biel *et al.* (2006). Ante esto se puede inferir que no es posible lograr obtener estas condiciones que permitan lograr buenos resultados utilizando solamente tierra negra. Estos resultados son similares a los obtenidos por Aguado y Borge (2001) quienes mediante el uso de sustratos que contenían turba obtuvieron los mejores resultados germinativos en dos especies forestales: *Pinus halepensis* Mill. y *Quercus ilex* L. Bajo este mismo concepto (% Germinación) en un estudio realizado por Herrera *et al.* (2006) se comparó la germinación de forestal *Calophyllum brasiliense* con la utilización de tres sustratos (arena, vermiculita y tierra), al final del experimento se demostró que la arena presentaba los mayores porcentajes de germinación 62,3 % en comparación con los otros sustratos analizados. .

La interacción entre los factores imbibición, sitio o estado fisiológico y sustrato mostraron diferencias significativas para *M. rhopaloides*, *O. grandiflora* y *O. heterochroma*, mientras que para *O. andreaunus* no se registraron diferencias marcadas entre tratamientos. Los valores más altos corresponden a la combinación de: un sustrato de dos componentes (tierra negra con turba o arena), sitio Llaviuco para *M. rhopaloides* y semilla madura en *O. grandiflora* y *O. heterochroma* y *O. andreaunus*.

El mayor porcentaje de germinación bajo la interacción de los factores mencionados anteriormente podría ser explicado ya que al mezclar la tierra negra con turba o arena se consigue un sustrato con mayor capacidad de drenaje y porosidad. Estas particularidades edáficas correspondientes a las condiciones físicas externas del suelo facilitarían la oxigenación o aireación y humedad del sustrato, los cuales son factores imprescindibles para que se den eficientemente los procesos germinativos (PROBOSQUE, 2007).

Para el factor sitio, los mayores valores puede ser explicado probablemente a que las semillas presenten mayor variabilidad genética en Llaviuco, en comparación con el sitio Mazan; en donde el aislamiento con base a la fragmentación circundante sea posiblemente la causa que ocasione la disminución de la variabilidad genética. Esto puede ser inferido con base al bajo número de individuos e intercambio genético, lo que implicaría menor calidad en el desarrollo embrionario de las semillas (Minga, 2000).

Para el factor estado fisiológico, la semilla madura sobresalió con los mayores resultados en las tres especies evaluadas: *O. grandiflora* y *O. heterochroma* y *O. andreaunus*. En las semillas maduras, posiblemente el embrión alcanzó su máxima

capacidad de desarrollo debido a que posee las mejores características intrínsecas, lo que permite romper la dormancia vegetativa y emprender eficientemente los procesos de germinación (Briceño y Maciel, 2004).

Con respecto al crecimiento inicial a nivel de invernadero las especies *M. rophaloides* y *O. heterochroma* presentaron los mejores resultados en un sustrato de proporción: 1 tierra negra - 1 limo. Aquí la combinación proporcional entre esos dos sustratos trae beneficios al crecimiento inicial de las plántulas. La tierra negra posee grandes cantidades de materia orgánica, la cual está asociada directamente con el nitrógeno disponible (Contreras, 2015). La relevancia fisiológica del nitrógeno para las plantas se basa en los efectos sobre el crecimiento de las hojas y el desarrollo del sistema radicular (Contreras, 2015). Este sistema en las plántulas es muy importante ya que, con la presencia de los pelos absorbentes pueden tomar los nutrientes o sustancias orgánicas del suelo, para luego transfórmalas a sustancias orgánicas mediante el proceso de fotosíntesis (Megias *et al.*, 2018). Con respecto al limo, (Sheard, 1991) afirma que este mineral dispone de muchos nutrientes y tienen un drenaje aceptable.

Para *O. grandiflora* y *O. andreanus* se registró mayores valores de crecimiento inicial en el sustrato de proporción: 3 tierra negra - 1 limo. Aquí predominó el porcentaje de tierra negra y sus particulares intrínsecas explicadas anteriormente. Bajo estos antecedentes, estos resultados son similares a los obtenidos por Morocho (2016) quien evaluó el crecimiento inicial de tres especies forestales (*Acacia melanoxylon*, *Alnus acuminata*, *Oreopanax* spp), este autor reportó que los mejores resultados de crecimiento inicial se registraron en un sustrato que contenían dos o más componentes de sustrato como tierra negra, turba, pomina, arena y humus. En este mismo estudio el uso de solo tierra negra presentó las altas tasas de mortalidad para todas las especies.

Respecto al tamaño de funda las cuatro especies presentaron mayores valores de crecimiento en altura, diámetro y número de hojas en la funda de mayor tamaño (6 cm × 9 cm). Estos resultados son similares a los obtenidos por Romero (2016) quien evaluó el crecimiento inicial de *Swietenia macrophylla* en donde obtuvo los mejores promedios para las variables altura, diámetro, cantidad de hojas, biomasa e índice de esbeltez de la plántula en bolsa de 6 cm<sup>3</sup> × 9 cm<sup>3</sup> de tamaño. Román *et al.* (2012b) concuerdan que las plántulas forestales sembradas en un recipiente de mayor capacidad desarrollan mejores características de crecimiento debido a la protección que brindan frente a la

deshidratación del sistema radical y al mayor espacio que tienen las raíces para su desarrollo.

La interacción de sustrato  $\times$  tamaño funda indican los mejores tratamientos para altura, diámetro y número de hojas en los sustratos de proporción: 1 tierra negra - 1 limo y 3 tierra negra - 1 limo y el tamaño de funda de mayor capacidad  $6 \text{ cm}^3 \times 9 \text{ cm}^3$ . Estos resultados no coinciden con Trinidad *et al.* (2015) que observaron mayor crecimiento en altura en una especie *Hevea brasiliensis* con la utilización de un sustrato de solamente tierra negra y un envase de menor capacidad ( $20 \text{ cm}^3 \times 10 \text{ cm}^3$ ) en comparación con un envase de  $20 \text{ cm}^3 \times 20 \text{ cm}^3$ .

Respecto a la biomasa subterránea y aérea para las cuatro especies forestales analizadas se obtuvieron los mejores resultados valores de biomasa en la interacción: 1 tierra negra - 1 limo y 3 tierra negra - 1 limo y un tamaño de funda de  $6 \text{ cm}^3 \times 9 \text{ cm}^3$ . Bajo este concepto Gazel *et al.* (2007) concuerdan que la información de biomasa en las plántulas pudiera ser utilizada como herramienta para el análisis de la productividad y la conversión de energía. Estos resultados no son similares a los obtenidos por (Lourenço *et al.*, 2011), demostraron mayores valores de biomasa en diferentes especies con la utilización de solamente turba.

## 9. CONCLUSIONES

Los parámetros de calidad (peso, pureza y contenido de humedad) analizados tuvieron relación en cuanto a la germinación de cada especie.

En *Myrcianthes rophaloides* los mayores valores de peso y pureza influyeron en un mayor porcentaje germinativo de la semilla madura, mientras que el contenido de humedad no influyó en los valores germinativos de la semilla. Para *Oreocallis grandiflora* los valores de peso, pureza y contenido de humedad influyeron directamente en el porcentaje germinativo de la semilla madura. En *Ocotea heterochroma* los valores de peso, pureza y contenido de humedad influyeron en un mayor porcentaje germinativo de la semilla madura. En *Oreopanax andreanus* los valores de peso, pureza y contenido de humedad influyeron en un mayor porcentaje de germinación en semilla no madura.

Los mayores porcentajes de germinación en *M. rophaloides* se registraron en las interacciones que contenían un sustrato con dos componentes sea tierra negra con arena

o turba, sitio Llaviuco y periodos de imbibición de 0 y 24 horas. Para *O. grandiflora* y *O. heterochroma* los mayores valores se registraron en sustratos de dos componentes compuestos por tierra negra con turba o arena, semilla madura y periodos de imbibición de 24 y 48 horas, mientras que *O. andreanus* no registró diferencias bajo las interacciones factoriales analizadas.

En el crecimiento inicial las cuatro especies forestales presentaron mejor respuesta en las variables de crecimiento en altura, diámetro y número de hojas en el sustrato que contenía tierra negra y limo en diferentes proporciones y un tamaño de funda de 6 cm × 9 cm. Con el sustrato que contenía solo tierra negra se registraron los menores valores en las variables evaluadas.

La biomasa aérea y subterránea de las cuatro especies analizadas se vio influenciada por diferentes interacciones. En *M. rophaloides* la interacción de un sustrato de tierra negra y limo × una funda de 6 cm × 9 cm influyó directamente en los mayores valores de biomasa subterránea y aérea. Para *O. grandiflora* los mayores valores de biomasa subterránea y aérea estuvieron influenciados por la interacción de un sustrato de tierra negra y limo en diferentes proporciones y un tamaño de funda de 5 cm × 8 cm. En *O. heterochroma* los mayores valores para biomasa subterránea estuvieron influenciados por la interacción tierra negra y limo × una funda de 5 cm × 8 cm y la interacción tierra negra - limo × una funda 6 cm × 9 cm para biomasa aérea. En *O. andreanus* la interacción tierra negra × un tamaño de funda de 5 cm × 8 cm registro los mayores valores para biomasa subterránea, mientras que para la biomasa aérea el mayor valor estuvo influenciado por la interacción tierra negra - limo × una funda de 6 cm × 9 cm.

## 10. RECOMENDACIONES

Incluir variables como riego, humedad y temperatura del sitio donde se realiza la propagación y crecimiento de especies forestales, ya que estos factores afectan directamente en la capacidad germinativa y el crecimiento inicial de las especies.

Realizar estudios similares en otras especies forestales nativas de importancia ecológica para la zona Sur del Ecuador.

Debido a la falta de información referente a la germinación y crecimiento en las primeras etapas de crecimiento, se recomienda socializar los resultados con instituciones



públicas y privadas que emprenden proyectos de reforestación con especies nativas alto andinas.



## 11. BIBLIOGRAFIA

Aguado, A; Borge, R. (2001). Cultivo de planta forestal en sustratos compuestos por diferentes subproductos orgánicos.

Aguirre, N; Günter, S; Bernd, S. (2007). Mejoramiento de la propagación de especies forestales nativas del bosque montano en el Sur del Ecuador. Cedamaz.

Alder, D. (1980). Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos (Vol. 1).

Alvarado, M; Solano, C. (2002). Producción de sustrato para vivero.

Antoniuzzi, AP; Binotto, B; Neumann, GM; Sausen, TL; Budke, JC. (2013). Eficiência de recipientes no desenvolvimento de mudas de *Cedrela fissilis Vell.* (Meliaceae). Brasil. Revista Brasileira de Biociências.

Arriaga, V; Cervantes, V; Vargas, A. (1994). Manual de reforestación con especies nativas: Colecta y preservación de semillas, propagación y manejo de plantas. (Vol. 1).

Belloso, P; Mazariego, L. (2013). Evaluación de cinco sustratos y tres metodos de escarificacion en la germinación de semillas de cuatro especies forestales. San Salvador. Universidad del Salvador.

Biel, C; Savé, R; Verdaguer, D; Peñuelas, JL. (2006). Nuevas tecnologías de producción de plantas en vivero: Calidad de la planta forestal para la restauración en ambientes mediterraneo. In Ambiente (pp. 141-160).

Briceño, A; Maciel, N. (2004). Efecto de la madurez de los frutos, escarificación de la semilla y temperatura en la emergencia de la palmera *coccothrinax barbadensis* (lodd. ex mart.) becc. Bioagro.

CATIE. (2000). Pretratamiento de semilllas. Tecnicas para la germinación de semillas forestales (Vol. 39, pp. 54).

Contreras, A. (2015). El efecto del nitrogeno en las enfermedades de las plantas. Agronomia y forestal.

Courtis, A. (2013). Germinación de semillas.

De la Cuadra, C. (1992). Germinación, latencia y dormición de las semillas. Ministerio de Agricultura.

De Luca, N. (2010). Características de las semillas, tratamientos pregerminativos, técnicas de recolección y almacenamiento.

Doll, U; Fredes, M; Soto, C. (2013). Efecto de distintos tratamientos pregerminativos sobre la germinación de seis especies nativas de la región mediterránea de Chile. . IDESIA.

Gazel, A; Castro, I; Alvarado, J; Gomes dos Santos, B. (2007). Produção de Biomassa em Quatro Procedências de Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby no Estádio de Muda. Biociências.

Gomes, F; Gonçalves, M. (2013). The effects of substrates on seedling production of native tree species for urban landscape. Revsbau.

Herrera, J; Lines, K; Vásquez, W. (2006). Estudio de la germinación y la conservación de semillas de cedro maría (*Calophyllum brasiliense*). Tecnología en marcha.

ISTA. (2007). International Rules for Seed Testing (2007). Bassersdorf, Swiezerland.

Jadán, O; Cedillo, H; Peralta, Á; Zea, P; Toledo, C; Tepán, B; Vaca, C. (2017a). Evaluación preliminar de la composición florística y usos de la vegetación en bosques secundarios, provincia de Azuay. Bosques Latitud Cero, 6(2), 14.

Jadán, O; Toledo, C; Tepán, B; Cedillo, H; Peralta, A; Zea, P; Castro, P; Vaca, C. (2017b). Comunidades forestales en bosques secundarios alto-andinos (Azuay, Ecuador). BOSQUE.

JBB, H. (2014). *Myrcianthes rhopaloides* (Kunth) McVaugh.

León-Yáñez, S; Valencia, R; Pitman, N; Endara, L; Ulloa Ulloa, C; Navarrete, H. (2011). Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador (2ª ed).

López, M; Sotolongo, R; García, I; Estévez, I; González, E. (2003). Comportamiento del crecimiento en altura de *hibiscus elatus* sw cultivada en contenedores. Chapingo.

Lourenço, N; Dandlen, S; Figueiredo, A; Barroso, J; Coelho, L; Reise, M; Correia, P. (2011). Efeito de diferentes misturas de substratos orgânicos na biomassa e no óleo essencial de *Thymus zygis*. Ciências Agrárias.

MAE. (2013). Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental.

MAE. (2014a). Plan Nacional de Restauracion Forestal.

MAE. (2014b). Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales.

(pp. 171).

MAE. (2015). Estadísticas de Patrimonio Natural.

Márquez, J; Xotla, U; González, J. (2005). Estudio de germinación y crecimiento inicial de plántulas de *Cedrela odorata* L. Foresta Veracruzana, pp 45-53.

Martínez, C. (2015). Calidad de la semilla.

Megias, M; Molist, P; Pombal, M. (2018). Organos vegetales Raíz. Universidad de Vigo.

Minchala, J; Eras, VH; Muñoz, L; Yaguana, M; Poma, R; Delgado, G. (2013). Propagación sexual y asexual de cuatro especies forestales nativas y promisorias de la Región Sur del Ecuador. Cedamaz.

Minga, D. (2000). Árboles y arbustos del Bosque de Mazan Azuay-Ecuador. Cuenca - Ecuador.

Minga, D; Verdugo, A. (2016). Árboles y Arbustos de los ríos de Cuenca. Don Bosco.

Montúfar, R; Pitman, N. (2003). *Oreopanax andreanus* The IUCN Red List of Threatened Species.

Morocho, DV. (2016). Producción en vivero de tres especies forestales acacia, aliso y pumamaqui, mediante aplicación de diferentes sustratos, en la parroquia la esperanza del cantón pedro moncayo., Universidad Técnica del Norte.

Ordoñez. (2001). Semillas Forestales andinas del Ecuador. MAE.

Ortega, C; Guanuche, S. (2016). Fenología de seis especies forestales y calidad de semillas en dos bosques altoandinos del Macizo del Cajas, provincia del Azuay”. Universidad de Cuenca.

Osuna, H; Osuna, A; Fierro, A. (2016). Manual de propagación de plantas superiores.

Palomeque, X; Maza, A; Iñamagua, JP; Günter, S; Hildebrandt, P; Weber, M; Stimm, B. (2017). Variabilidad intraespecífica en la calidad de semillas de especies forestales nativas en bosques montanos en el sur del Ecuador: Implicaciones para la restauración de bosques. Revista de Ciencias Ambientales, 51(2), 52. doi:10.15359/rca.51-2.3

Patiño, J; Eras, V; Angamarca, R; Yaguana, M; Chamba, L; Paredes, G. (2014). Propagación in vitro de guayacán negro, *Tabebuia billbergii* (bignoniaceae), a partir de explantes obtenidos de plántulas in vitro. Biotecnología.

- Pérez, E; Ceballos, g; Calvo, Im. (2005). Germinación y supervivencia de semillas de *Thrinax radiata* (Arecaceae), una especie amenazada en la Península de Yucatán. Sociedad Botanica de México, 77, 9 - 20.
- Pérez, P; López, F; García, F; Cuevas, P; González, A. (2013). Procesos de regeneración natural en bosques de encinos: factores facilitadores y limitantes. Biologicas, 1, 18-24.
- PROBOSQUE. (2007). Manual de producción de planta forestal.
- Quiroz, I; García, E; Gonzáles, M; Chun, P; Soto, H. (2009). Vivero Forestal: Producción de plantas nativas a raíz cubierta.
- Román, F; Adriana, S; Deago, J; Hall, J. (2012a). Guía para la propagacion de 120 especies de árboles nativos de Panamá y el Neotrópico In Environmental (Ed.), (pp. 83).
- Román, F; Liones, RD; Sautu, A; Deago, J; Hall, JS. (2012b). Guía para la propagacion de 120 especies de árboles nativos de Panamá y el Neotrópico. Studies (pp. 83).
- Romero, A. (2016). Influencia del tamaño de envase y edad de para optar el título profesional de ingeniero forestal y ambiental planton sobre el crecimiento inicial de swietenia macrophylla king. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Sheard, W. (1991). Sand, silt and clay.
- SIPA. (2018). Boletín de Precipitación y Temperatura. MAGAP.
- Sobrinho, MÁ; de Paiva, AV; Prado de Paula, SR. (2013). Crescimento inicial de espécies nativas com potencial madeireiro na amazônia. Árvore, 37, 913-921.
- Trinidad, O; Hernandez, J; Aldrete, A; Upton, J; Gonzalez, A. (2015 ). Sustratos y tamaños de contenedor en el desarrollo de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. en vivero. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 6, 19.
- Tut, MO. (2014). Evaluación de cinco sustratos para la producción en vivero de palo blanco (*Tabebuia donnell-smithii* Rose); Santa Catalina la Tinta, Alta Verapaz., Universidad Rafael Landívar San Juan Chamelco.
- Varela, S; Martínez, A; Basil, G; Mazzarino, M; Fariña, M. (2013). Sustratos alternativos en la producción de plantines forestales. INTA (pp. 4).
- Vargas, W. (2002). Guia ilustrada de las plantas de las montañas del Quindio y los Andes centrales. Universidad de Caldas.
- Vásquez, N. (2016). Tipos de sustratos y su influencia sobre el crecimiento en viveros de



dos especies forestales. *Guazuma crinita* “Bolaina blanca” y *Aspidosperma desmanthum* “Quillobordon colorado”. Universidad Nacional de la amazonia Peruana.

Vázquez, J. (2014). Influencia de diferentes sustratos en la producción de plántulas de *Minquartia guianensis aublet.* (olacaceae) "huacapú" en nuevo cutervo, jepelacio, Moyobamba San Martín. Universidad Nacional de Cajamarca.

Velásquez, EB. (2014). La biodiversidad en el Ecuador. Universitaria Abya-Yala.

Wightman, K; Cruz, S. (2003). La cadena de la reforestación y la importancia en la calidad de las plantas. Foresta Veracruzana, 5, 8.

Wightman, KE. (1999). Good Tree Nursery Practices. Bernadette Hince. Kenya.

## 12. ANEXOS:

**Anexo. 1** Tabla de registro utilizada en la germinación de especies forestales.

<b>Especie:</b>				<b>Sustrato:</b>			
<b>Semilla madura</b>	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana 3</b>	<b>Semana 4</b>	<b>Semana 5</b>	<b>Semana 6</b>	<b>Semana 7</b>
0 horas							
24 horas							
48 horas							
<b>Semilla no madura</b>	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana 3</b>	<b>Semana 4</b>	<b>Semana 5</b>	<b>Semana 6</b>	<b>Semana 7</b>
0 horas							
24 horas							
48 horas							

**Anexo. 2** Tabla de registro utilizada en el crecimiento de especies forestales.

<b>Especie:</b>			
<b>Tratamiento:</b>		<b>Repetición:</b>	
<b>N Planta</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diametro (cm)</b>	<b>Nº hojas</b>
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

**Anexo. 3** Tabla de registro utilizada para biomasa.

<b>Especie:</b>				
<b>Tratamiento:</b>				
<b>N Planta</b>	<b>0 horas</b>	<b>24 horas</b>	<b>48 horas</b>	<b>72 horas</b>

**Anexo. 4** Bandejas utilizadas en la germinación de semillas.





**Anexo. 6.** Plántulas germinadas.



**Anexo. 5.** Plántulas en diferentes sustratos para evaluar su crecimiento.





**Anexo. 7.** Plántulas al final del experimento.

*Oreocallis grandiflora*



*Ocotea heterochroma*



*Myrcianthes rhopaloides*



*Oreopanax andreanus*

